



**Universidade de Aveiro** Departamento de Engenharia Civil  
**Ano 2017**

**José Paulo Martins  
Campos Teixeira**

**Desenvolvimento de uma aplicação web de gestão do  
património histórico recorrendo à tecnologia BIM**





**José Paulo Martins  
Campos Teixeira**

**Desenvolvimento de uma aplicação web de gestão do  
património histórico recorrendo à tecnologia BIM**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizado sob a orientação científica da Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e coorientação científica do Professor Doutor Hugo Filipe Pinheiro Rodrigues, Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.



Dedico este trabalho, aos meus pais pelo seu incansável apoio.

*“Change is the law of life. And those who look only to the past or presente are  
certain to miss the future”*

John F. Kennedy



## **o júri**

presidente

Professor Doutor Joaquim Miguel Gonçalves Macedo  
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Professor Doutor João Pedro da Silva Poças Martins  
Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues  
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro





## **agradecimentos**

Deixo uma mensagem de agradecimento a todos aqueles que diretamente ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste documento. Deixando, no entanto, um especial agradecimento as seguintes pessoas.

Começo por agradecer à professora Fernanda Rodrigues e professor Hugo Rodrigues por todo o apoio, orientação e conhecimento científico transmitido durante a realização desta dissertação assim como por toda a confiança depositada em mim.

Aos Serviços de Tecnologias de Informação e Comunicação da Universidade de Aveiro pela sua cooperação.

Aos meus pais, Vitor Teixeira e Manuela Teixeira por todo o apoio, sacrifício e dedicação em me proporcionar os meios para concluir este documento.

Ao meu irmão, João Teixeira deixo um agradecimento especial por todo o apoio, paciência, cooperação e conhecimento técnico para que fosse possível atingir todos os objetivos deste documento.

À minha namorada, Sara Fernandes pelo incondicional apoio e motivação para que alcançar todos os meus objetivos durante o percurso académico.

À minha restante família, por todo o apoio e dedicação para que todos os meus objetivos académicos fossem atingidos com todo o sucesso.

Ao Daniel Bastos, por todos os conselhos e lições de vida para que alcançasse o melhor que há em mim.

Aos eternos amigos de Aveiro, que durante o percurso académico numa forma ou de outra contribuíram significativamente para o sucesso enquanto pessoa e profissional.

Por fim, não poderia deixar de dar uma mensagem especial de agradecimento ao meu primo Tiago Silva, que apesar das circunstâncias foi a minha verdadeira inspiração para que atingisse os meus objetivos e que, apesar da sua ausência sei que sempre estiveste e estarás presente.



## palavras-chave

Historical Building Information Modeling (HBIM), Sistema de Gestão Integrada, Manutenção e Conservação de edifícios históricos, Aplicação Web, Plataforma de Gestão, Património Histórico.

## resumo

Atualmente o património histórico tem sido reconhecido como sendo um dos principais setores de desenvolvimento económico e sustentável do país. Contudo esse património edificado tem sido alvo de várias intervenções, sendo evidente a necessidade de gestão da informação para suporte das ações de manutenção e conservação. No entanto, essa gestão é dificultada pela inexistência ou desatualização dos cadastros do património o que torna o processo de gestão da manutenção demasiado longo e dispendioso. Surge assim, a necessidade de se aplicarem novas tecnologias, tais como o Building Information Modelling (BIM), enquanto ferramentas de apoio à gestão do património histórico.

Assim, esta dissertação teve por objetivo o desenvolvimento dum modelo de gestão para ser utilizado como uma ferramenta de apoio à manutenção e conservação do património histórico, facilitando aos intervenientes toda a informação automatizada e digitalizada, necessária à execução das mais variadas tarefas, com a particularidade de estar diretamente ligada ao modelo 3D-BIM do edifício. Para se validar o modelo de gestão e a ferramenta web desenvolvida (a sua aplicabilidade e funcionalidade), foi aplicado a um edifício de valor patrimonial relevante, a Casa de Santo António em Ílhavo, Aveiro.

No desenvolvimento desta dissertação foi seguida uma metodologia que foi aplicada a um caso de estudo, e que teve diferentes fases: 1) Modelação do caso de estudo no software Revit® da Autodesk, com introdução da respetiva informação paramétrica e meta-data associada; 2) desenvolvimento de uma base de dados de suporte ao modelo de gestão em Microsoft SQL Server®, e que suporta toda a informação exportada do modelo BIM, 3) desenvolvimento de uma aplicação web ([www.gestheritage.web.ua.pt](http://www.gestheritage.web.ua.pt)) em C# no software Visual Studio 2015®, que funciona através de uma Application Interface Programming (API) e que permite efetuar a comunicação entre a aplicação web e o modelo BIM, possibilitando a interação com a informação paramétrica deste, mas também, um acesso constante a uma plataforma de dados (desenhos, relatórios de inspeção, cadernos de encargos etc.) criada.

O desenvolvimento deste modelo de gestão e a sua aplicação ao caso de estudo permitiu demonstrar as suas potencialidades enquanto ferramenta de gestão do património histórico, contribuindo para a sua gestão permanente e constantemente atualizada, eliminando a fragmentação e perda de informação, reduzindo o consequente investimento na recolha de dados.



## **keywords**

Historical Building Information Modeling (HBIM), Integrated Management System, Historical Building Maintenance and Conservation, Web Application, Management Platform, Historical Heritage.

## **abstract**

Nowadays the built heritage has been recognised as one of the main sectors that can support the economic and sustainable development of the country. In the last years, the built heritage has been subject to several levels of interventions, and it is clear the need for a proper maintenance and conservation management. However, the maintenance faces in several cases lack of past building records, which can make the maintenance process difficult, long and expensive. Therefore, there is an opportunity and need to apply new technologies, like Building Information Modelling (BIM), as supporting tool to the management of historical heritage.

The aim of this thesis was the development of a management system to be used as a supporting tool to the maintenance and conservation of the existent buildings, in historical interest, facilitating to the interested parties the automated and digitized information needed to carry out the most varied of tasks, with the particularity to be directly connected to the 3D-BIM model of the building. In order to test the developed system (its applicability and functionality), it was applied to a building with significant heritage value known as Casa de Santo António in Ílhavo, Aveiro.

This thesis follows a development methodology applied to the case study, and had different phases: 1) The case study was modelled in Autodesk Revit® software, in whose model was inserted all the parametric information and associated meta-data; 2) Then a support database of the management system was developed in Microsoft SQL Server®, which will support all information exported from the BIM model; 3) A web application ([www.gestheritage.web.ua.pt](http://www.gestheritage.web.ua.pt)) was developed in C# in Visual Studio 2015® software, which works through and Application Programming Interface (API) and allows the communication between the web application and the BIM model, allowing not only the interaction with the parametric information of this one, but also, a persistent access to a data platform (drawings, inspection reports, specifications, etc.) that has been created.

The development of the management system and its application to the case study allowed to show its potential as a tool for the historical heritage management, contributing to its permanent and constantly updated management and cross off the fragmentation and loss of information therefore reducing the consequent investment in data collection.



# Índice Geral

ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
-------------------------	----

ÍNDICE DE TABELAS .....	XI
-------------------------	----

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
----------------------------	----------

1.1. ENQUADRAMENTO .....	2
1.2. OBJETIVO E ÂMBITO .....	3
1.3. OBJETO DE ESTUDO .....	4
1.4. METODOLOGIA.....	4
1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	4

<b>2. BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) .....</b>	<b>8</b>
--	----------

2.1. CONCEITO .....	8
2.1.1. <i>Modelação de Objetos Paramétricos</i> .....	9
2.1.2. <i>Interoperabilidade</i> .....	9
2.2. NORMALIZAÇÃO DO BIM.....	11
2.2.1. <i>USA Standard</i> .....	13
2.2.2. <i>Finland Standard</i> .....	13
2.2.3. <i>UK Standard</i> .....	13
2.2.4. <i>Normalização do BIM em Portugal</i> .....	14
2.3. BIM VERSUS CAD 2D .....	15
2.4. SOFTWARE BIM.....	16
2.5. GESTÃO E COMUNICAÇÃO DE DADOS .....	18
2.6. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO .....	19
2.6.1. <i>Uniclass 2015</i> .....	19
2.6.2. <i>OmniClass</i> .....	21
2.6.3. <i>Uniclass 2015 versus Omniclass</i> .....	23

<b>3. GESTÃO DO PATRIMÓNIO HISTÓRICO .....</b>	<b>28</b>
--	-----------

3.1. PATRIMÓNIO HISTÓRICO EDIFICADO.....	28
3.2. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM.....	30
3.2.1. <i>Levantamento do modelo geométrico 3D do edifício</i> .....	32
3.2.1.1. 3D Laser Scanning .....	34
3.2.1.2. Fotogrametria .....	36
3.3. LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) .....	37
3.4. MODELAÇÃO PARAMÉTRICA EM BIM.....	39
3.4.1. <i>Historical Building Information Modelling (HBIM)</i> .....	41
3.4.2. <i>Parâmetros no Revit®</i> .....	43
3.4.2.1. Tipos de Parâmetros .....	44
3.4.2.2. Aplicação dos Shared Parameters .....	47

<b>4. MODELO DE GESTÃO DO PATRIMÓNIO HISTÓRICO.....</b>	<b>54</b>
---	-----------

4.1.	ARQUITETURA DO SISTEMA (CORE) .....	55
4.1.1.	<i>Modelo BIM</i> .....	55
4.1.2.	<i>Base de dados</i> .....	58
4.1.2.1.	Tipos de Sistema de gestão de dados .....	59
4.1.2.2.	Estrutura de suporte do modelo de gestão .....	63
4.1.2.3.	Relações .....	67
4.1.2.4.	Tipos de Dados.....	69
4.1.2.5.	Ligação à Web API.....	70
4.1.3.	<i>ASP.NET Web API</i> .....	71
4.1.3.1.	Introdução à Programação.....	72
4.1.3.2.	Web API Project .....	74
4.1.3.3.	Database to ASP.NET API.....	76
4.1.3.4.	Controladores .....	78
4.1.3.5.	Interface Web .....	81
4.2.	INTERFACE DO UTILIZADOR.....	90
<b>5.</b>	<b>CASO DE ESTUDO</b> .....	<b>96</b>
5.1.	ENQUADRAMENTO .....	96
5.2.	MODELAÇÃO .....	97
5.2.1.	<i>Arquitetura e Estrutura</i> .....	97
5.2.2.	<i>Família de Objetos</i> .....	99
5.2.3.	<i>Aplicação dos Shared Parameters</i> .....	100
5.2.4.	<i>Criação dos desenhos associados ao modelo BIM</i> .....	102
5.3.	BASE DE DADOS .....	103
5.4.	LIGAÇÃO À API.....	104
5.4.1.	<i>Controladores dos elementos</i> .....	105
5.4.2.	<i>Provimento das bases de dados</i> .....	107
5.5.	ENVOLVIMENTO NA APLICAÇÃO WEB .....	107
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>112</b>
6.1.	CONCLUSÕES .....	112
6.2.	TRABALHO FUTURO .....	114



## Índice de Figuras

<i>Figura 1 - Fluxo de informação assumindo o IFC como garantia da interoperabilidade</i>	10
<i>Figura 2 - Percentagem de adoção do BIM nos EUA (2007 a 2012)</i>	12
<i>Figura 3 Atributos geométricos BIM versus CAD 2D</i>	16
<i>Figura 4 - Software BIM mais utilizado no mercado dos Estados Unidos</i>	17
<i>Figura 5 - Exemplo da estruturação da classificação Uniclass 2015</i>	20
<i>Figura 6 - Relação custo-tempo entre manutenção com e sem sistema de inspeção)</i>	29
<i>Figura 7 - Organização esquemática da metodologia de aplicação do BIM</i>	31
<i>Figura 8 - Técnicas de inspeção de um edifício para levantamento de dados</i>	33
<i>Figura 9 - Modelo geométrico 3D gerado por Point Cloud e respetiva renderização</i>	34
<i>Figura 10 - Descrição sumarizada do Level of Development (LoD)</i>	39
<i>Figura 11 – Detalhes arquitetónicos</i>	42
<i>Figura 12 - Biblioteca de objetos HBIM</i>	42
<i>Figura 13 – Fluxograma do Historical Building Information Modelling</i>	43
<i>Figura 14 - Tipologias de parâmetros no Revit</i>	44
<i>Figura 15 - Interface de um Type Parameters de uma porta</i>	45
<i>Figura 16 - Interface de Instance Parameters de uma porta</i>	46
<i>Figura 17 - Manage Ribbon</i>	47
<i>Figura 18 - Editar Shared Parameter</i>	47
<i>Figura 19 - Criar Shared Parameter</i>	47
<i>Figura 20 – Associar o Shared Parameters aos elementos do projeto</i>	49
<i>Figura 21 - Resultado final da aplicação dos shared parameters</i>	49
<i>Figura 22 – Esquema de desenvolvimento do modelo proposto de gestão do património histórico</i>	54
<i>Figura 23 - Origem de dados normalizado pelo plug-in DBLink</i>	56
<i>Figura 24 - Legenda do resultado do relatório de Importação</i>	57
<i>Figura 25 - Resultado da importação da tabela Doors</i>	57
<i>Figura 26 - Exemplo esquemático de uma base de dados</i>	60
<i>Figura 27 - Esquema organizacional da estrutura do modelo de gestão</i>	64
<i>Figura 28 - Organigrama da estrutura do modelo de gestão do património histórico</i>	65
<i>Figura 29 - Diagrama da estrutura organizacional do GestHeritage em MSSQL</i>	67
<i>Figura 30 - Estrutura da tabela "Users" da Base de dados GestHeritage</i>	68
<i>Figura 31 - Relação Users-AccessType-Projects na base de dados GestHeritage</i>	68
<i>Figura 32 - Estrutura Request - Response do HTTP</i>	71
<i>Figura 33 - Criação de um novo projeto no Visual Studio 2015</i>	75
<i>Figura 34 - Criação da ASP.NET Web Application (GestHeritageAPI)</i>	76
<i>Figura 35 - Interface de r novos itens do projeto</i>	77
<i>Figura 36 - Configuração da conexão da base de dados GestHeritage à API</i>	77
<i>Figura 37 - Base de Dados "GestHeritage" implementada no projeto</i>	78
<i>Figura 38 - Esquema relacional entre o utilizador, aplicação web, API e a base de dados SQL</i>	82
<i>Figura 39 – Criação da Web Application</i>	82
<i>Figura 40 – Associação de dependências a um dado projeto</i>	83

<i>Figura 41 - Estrutura da Página "Login" / (1) - Ficheiro .aspx (2) - Ficheiro .aspx.cs.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 42 - Hierarquização da Master Page sobre a página de conteúdo .....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 43 - Organigrama da estrutura da aplicação web.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 44 - Estrutura (Documentation) de disposição em listagem e com botão de interação .....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 45 - Excerto de código do GET Documentation no controlador Projects.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 46 - Resultado da aplicação do controlador GET na pagina Documentation.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 47 - Formulário do elemento "Walls" do Inventário .....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 48 - Tabela dinâmica "Rooms" do Inventário .....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 49 - Pagina de apresentação da plataforma GestHeritage .....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 50 - Página "About us" da plataforma GestHeritage .....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 51 - Login Page da plataforma GestHeritage .....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 52 - Plans page da plataforma GestHeritage .....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 53 - Inventário "Walls" da plataforma GestHeritage.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 54 - Estado atual do edifício: fachada principal .....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 55- Estado atual do edifício: fachada lateral e principal.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 56 - Fotografia atual do edifício versus Modelo 3D.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 57 - Vista 3D do Modelo BIM (Alçado principal e lateral) .....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 58 - Vista 3D do modelo BIM (Alçado posterior e lateral) .....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 59 - Classification Manager plug-in no Revit.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 60 - Interface do Revit para a criação da família de objetos Window .....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 61 - Associação dos Shared Parameters.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 62 - Desenhos gerados pelo Autodesk Revit .....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 63 - Bases de dados do Microsoft SQL Server.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 64 - Tabelas geradas pelo DBLink do caso de estudo .....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 65- Integração da base de dados do projeto BIM na API .....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 66 - Exemplificação da associação do projeto do caso de estudo aos respetivos desenhos... </i>	<i>107</i>
<i>Figura 67 - Tabela dinâmica do elemento Walls do caso de estudo na aplicação web .....</i>	<i>108</i>

---

**Índice de Tabelas**

<i>Tabela 1 - Estado atual do sistema de classificação Uniclass 2015.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 2 - Tabelas inter-relacionadas e respectivas funções.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 3 - Sistema de classificação Uniclass 2015 versus Omniclass .....</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 4 - Distribuição da época de construção dos imóveis .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens da tecnologia 3D Laser Scanning.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 6 – Caraterísticas técnicas dos diferentes níveis de detalhe.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 7 - Tipos de Shared Parameters.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 8 - Vantagens versus Desvantagens das Base de dados relacionais .....</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 9 – Principais tipos de dados no Microsoft SQL Server utilizados no modelo de gestão.....</i>	<i>70</i>



# *Capítulo 1*

---

*Introdução*



## 1. Introdução

### 1.1. Enquadramento

O setor da construção, atingiu em Portugal, na viragem do milénio, uma importante relevância, tanto em termos de emprego como em termos de VAB (Valor Acrescentado Bruto) /contributo para o PIB (Produto Interno Bruto). Entre 1991 e 2011 foram construídos mais de 800 000 alojamentos por ano que se traduz num crescimento de 16.3% (INE 2001) para um crescimento de famílias que ronda os 11.6%, o que provocou uma excessiva quantidade de alojamentos sem ocupação permanente, em cerca de 1 900 000. Consequentemente, o excessivo investimento no setor em novas construções, consolidado com a crise financeira de 2008, provocou uma brusca redução do investimento no setor das novas construções. Com a estagnação do mercado da habitação, este iniciou um acentuado processo de degradação, que também se tem verificado ao longo dos anos no edificado histórico, com o abandono do investimento nas intervenções de conservação e manutenção, o que provocou um tal estado de degradação, que em muitos edifícios históricos a intervenção é de tal forma crítica que exige agora investimentos avultados. No entanto, nos últimos anos, o património histórico e cultural, tem sido considerado como um setor estratégico de desenvolvimento económico e sustentável de sociedades cada vez mais participadas e coesas. O património histórico e cultural português classificado, soma quase quatro mil bens repartidos por imóveis/ monumentos/ sítios de interesse público, etc. As regiões do Norte e Lisboa, as mais densamente povoadas e também as mais visitadas, concentram 1325 e 1003, respetivamente, do conjunto dos 3836 bens, representando mais de 60% do total nacional. Os restantes 40% repartem-se equitivamente entre a região Centro e as regiões do Alentejo e Algarve (Bernardes et al. 2014).

As instituições governamentais têm-se vindo a preocupar com a preservação do passado histórico, sendo atualmente essa preocupação visível nos grandes centros urbanos de Lisboa e Porto, distritos estes que são os principais detentores de património histórico. No entanto, uma das grandes preocupações nas intervenções e manutenção deste património é a insuficiência de dados e de cadastros das edificações, que conjugados com a desatualização constante desses mesmos dados, acaba por tornar a sua gestão e manutenção, um processo complexo e por vezes demasiado dispendioso, o que se traduz numa necessidade de realização de estudos no que diz respeito a processos de gestão do património histórico. Surge assim, como objetivo desta dissertação, a elaboração de uma ferramenta para efetuar a gestão integrada de edifícios do

património histórico recorrendo a tecnologias digitais nomeadamente o *Building Information Modeling (BIM)*.

A introdução de novas tecnologias digitais no domínio do património histórico, com os sistemas de informação baseados no modelo, poderá representar a oportunidade de criar modelos tridimensionais como ferramentas de comunicação eficazes e intuitivas, com interfaces de partilha e visualização, tanto das características físico-estruturais da edificação como do seu inventário histórico (Dezen-Kempton 2014).

Dependendo da tecnologia utilizada, esta poderá possibilitar a obtenção de outros tipos de informação que vão além da geometria, tais como dados históricos, estado de conservação, materiais e técnicas construtivas adotadas (Dezen-Kempton 2014). Assim, defende-se que numa primeira fase, é importante o reconhecimento do *BIM* como uma tecnologia que atende à crescente necessidade de conhecimento multidisciplinar, essencial para a gestão de processos do ciclo de vida, tais como a manutenção e desenvolvimento do crescente inventário do património histórico (Fai et al. 2011).

A tecnologia *BIM* tem outras aplicações, não se encontra limitada a novas propostas de construções, pelo que, pode ser utilizada também, como uma base de dados de informação, auxiliando equipas de projeto e de execução a representar edifícios *as-built* e a atuar na manutenção e monitorização do ciclo de vida, controlando e medindo o desempenho das edificações com o apoio de inspeções periódicas e dispositivos de monitorização integrados (Dezen-Kempton 2014).

## **1.2. Objetivo e Âmbito**

Uma das maiores limitações que ocorrem atualmente é integrar a informação de edifícios existentes no *BIM*. Não é apenas importante possuir os dados, mas também é importante a sua disponibilidade em formato digital, isto porque, atualmente, a maior parte da informação de edifícios históricos ainda se encontra disponível em formato de papel. Com a possibilidade de se contar com os catálogos de bens e propriedades e as suas respetivas meta-datas associadas, torna-se possível a verificação de eventual existência de informações e coordenação dessas mesmas informações entre as diferentes entidades responsáveis.

Surge assim, como tema desta dissertação a análise e desenvolvimento de uma aplicação que integre os modelos *BIM* enquanto ferramenta de um modelo de gestão do património histórico existente. O principal objetivo consistirá em efetuar a caracterização dum edifício com valor patrimonial, incluindo a sua modelação tridimensional (modelo *BIM-3D*) e o desenvolvimento de um modelo de gestão do património histórico recorrendo a um sistema de gestão de base de



dados e a uma aplicação web, interligadas sobre um sistema de informação interativo e intercooperativo, que se pretende que venha a desempenhar um papel essencial no processo de gestão, preservação e manutenção do património histórico construído.

### 1.3. Objeto de Estudo

O objeto de estudo desta dissertação é um edifício de valor patrimonial localizado em Ílhavo, Aveiro, denominado Casa de Santo António. O edifício cuja categoria se enquadra numa habitação unifamiliar, foi objeto de intervenções de ações de reabilitação empreendidas pela associação *InovaDomus*, sendo atualmente a sua sede.

Será um edifício de pequena escala, que servirá de base a estudos posteriores, cuja integração no sistema de informação comprovará a sua funcionalidade em futuras aplicações.

### 1.4. Metodologia

A metodologia desta dissertação, a ser aplicada ao objeto de estudo, consistirá na realização das seguintes etapas de trabalho:

- ✓ Análise dos dados: o projeto de arquitetura, de estruturas e informações históricas recorrendo a documentação e inspeções no local;
- ✓ Modelação do objeto de estudo segundo a metodologia *BIM* (inclui Arquitetura e Estruturas) no software *Revit®* da *Autodesk*;
- ✓ Desenvolvimento de uma base de dados de inventário do objeto de estudo;
- ✓ Desenvolvimento de um modelo de gestão no *Visual Studio 2015®* com recurso a uma *API* desenvolvida em *C#*;
- ✓ Implementação do modelo de gestão numa aplicação *Web num servidor de hosting da Universidade de Aveiro ([www.gestheritage.web.ua.pt](http://www.gestheritage.web.ua.pt))*;
- ✓ Análise dos resultados.

### 1.5. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. Estruturados de forma a atingir uma melhor compreensão sobre o desenvolvimento do sistema de gestão do património histórico onde previamente se visa o enquadramento teórico e posteriormente a aplicação prática.

- ✓ **Capítulo 1** - Este presente capítulo visa o enquadramento relativamente à necessidade do desenvolvimento desta dissertação, assim como a metodologia utilizada e o caso de estudo a abordar;

- ✓ **Capítulo 2** – Neste capítulo aborda-se a temática da metodologia *BIM* e a forma como esta poderá servir de base a um modelo de gestão, visando uma extensa compreensão teórica não só sobre a própria tecnologia *BIM*, mas também de todos os processos e regulamentação que a acompanham tendo por objetivo a compreensão teórica para a aplicação na gestão do património histórico;
- ✓ **Capítulo 3** – Neste capítulo é introduzido a metodologia *BIM*, mas direcionado para o património histórico, percorrendo as etapas necessárias para o desenvolvimento de um modelo *BIM* e consequentemente os meios de integração do modelo com um sistema de gestão;
- ✓ **Capítulo 4** – Neste capítulo é apresentado a metodologia necessária para o desenvolvimento de um modelo de gestão aplicado ao património histórico, percorrendo todas as etapas necessárias para o seu desenvolvimento;
- ✓ **Capítulo 5** – Este capítulo visa confirmar a adequabilidade do modelo de gestão, tendo por base a aplicação do caso de estudo já referido;
- ✓ **Capítulo 6** – Neste capítulo são então apresentadas todas as conclusões obtidas com o desenvolvimento do modelo de gestão assim como os trabalhos futuros a desenvolver.

# *Capítulo 2*

---

*Building Information Modelling*  
*(BIM)*



## **2. Building Information Modelling (BIM)**

### **2.1. Conceito**

Atualmente, a utilização do *BIM* tem vindo a desempenhar um papel de destaque no que diz respeito ao panorama do sector da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). O aumento do interesse, no desenvolvimento de processos de implementação do *BIM* têm assumido proporções relevantes um pouco por todo o mundo, tornando-se cada vez mais evidente a sua necessidade de implementação.

O facto de, em alguns países ser já obrigatória a apresentação dos projetos através de um modelo *BIM*, bem como a exigência de parte dos donos de obra, do desenvolvimento, estudo, simulação e avaliação dos projetos através da metodologia *BIM*, veio transformar de um modo radical os atuais processos de conceção, comunicação e de informação necessários para a realização e entrega de um projeto, com vista à construção e gestão posterior de um edifício (Lopes 2016). De um certo modo, o que se tem verificado é uma alteração substancial e quase radical do foco de trabalho que até então se orientava para a conceção de um projeto de construção e que agora, através das novas possibilidades digitais de conceção, simulação e avaliação, dirigem-se agora para a sua gestão (Lopes 2016).

O *Building Information Modeling* representa assim, o paradigma avançado de trabalho colaborativo, que se baseia num processo iterativo aplicado sobre um modelo de informação, regularmente atualizado e sincronizado. O *BIM* é composto por um conjunto de políticas, processos e tecnologias que interagem entre si, gerando uma metodologia de trabalho capaz de gerir o projeto e os seus respetivos dados, ao longo do seu ciclo de vida, sendo este um aspeto que se aplica bem à gestão do património histórico, na medida em que permite elaborar o cadastro, estudá-lo, modifica-lo, atualizá-lo e mantê-lo para as gerações futuras. Possuindo ainda outras características, tais como: visualização 3D e animações, produção automática de documentos (projeções ortográficas, cortes, seções, pormenores, relatórios, listagens, etc.), simulações de desempenho estrutural, energético, ambiental e de custos (Tolentino & Feitosa 2014).

Um dos principais potenciais do *BIM* baseia-se na sua capacidade de integrar objetos inteligentes que compreendem não apenas os parâmetros de componentes específicos, mas também a sua interação e inter-relação com outros componentes, tornando o modelo paramétrico (Mitina 2016), cuja aplicabilidade na gestão do património histórico se vai explorar.

Para melhor compreender a tecnologia *BIM* é necessário analisar os pilares que a sustentam, nomeadamente a modelação orientada por objetos e a interoperabilidade (Soares 2013).

Sendo cada vez mais uma metodologia nacional e internacional, o *BIM* apresenta distintas especificidades nos diferentes países em que se tem desenvolvido que importa também dar a conhecer e divulgar de modo a ser possível apoiar os processos de internacionalização de muitas empresas de arquitetura, engenharia e construção nacionais (Lopes 2016), cuja análise será efetuada na secção 2.2.

### **2.1.1. Modelação de Objetos Paramétricos**

A modelação orientada por objetos refere-se a objetos paramétricos (tais como janelas, portas, paredes telhados, etc.), que no *BIM* não são definidos isoladamente, mas sim como parte de sistemas que mantêm relação e interação com outros objetos (Tolentino & Feitosa 2014).

Tais objetos, apresentam, além das propriedades espaciais associadas à sua representação geométrica, propriedades intrínsecas aos mesmos. Se se utilizar o objeto porta como exemplo, ter-se-á nos softwares *CAD* a representação geométrica do objeto em ambiente 2D e/ou 3D. No entanto, na metodologia *BIM*, a porta em questão é uma entidade única com os seus elementos geométricos e demais propriedades intrínsecas ao mesmo. O objeto é definido pelas propriedades que lhe são atribuídas, não sendo apenas um modelo geométrico do objeto, mas também paramétrico, sendo que a quantidade de informação que lhe é atribuída vai definir o nível de detalhe tanto do objeto como do modelo. Quando se trabalha no património histórico, o nível de detalhe do objeto é por si, um fator crucial para o entendimento morfológico do próprio objeto, permitindo uma maior capacidade de tomada de decisões e de análise no que diz respeito à gestão e mais propriamente à manutenção do mesmo, fornecendo toda a informação relevante como desenhos, expressão gráfica, análise construtiva, etc.

### **2.1.2. Interoperabilidade**

A interoperabilidade, representa a capacidade de comunicação entre os diversos domínios e plataformas existentes, mas sobretudo a comunicação entre os diferentes intervenientes do processo construtivo. O *BIM* tem a capacidade de só por si gerar um projeto melhor coordenado do que um modelo *CAD 2D*. No entanto, com uma interoperabilidade eficaz e fluida, é possível aproveitar as informações para criar fluxos de trabalho *BIM* que são mais eficientes do que os processos tradicionais manuais ou baseados em *CAD* (Soares 2013; Kensek 2016).

Devido à natureza intrinsecamente multidisciplinar de todo o processo *BIM*, aos diferentes níveis de complexidade dos dados gerados por cada disciplina e à grande quantidade de ferramentas disponíveis para tratar estes conjuntos de informação de cada domínio, é necessário que os dados gerados possam circular livremente entre as diferentes ferramentas e plataformas, o que constitui um desafio significativo, tendo em consideração os diferentes intervenientes ligados ao projeto e as suas respetivas especialidades e, conseqüentemente, a geração de diferentes tipos e quantidades de informação. Torna-se assim necessário, delinear estratégias que visam melhorar a interoperabilidade no *BIM* (Kensek 2016):

- ✓ Todas as informações necessárias devem ser codificadas no *BIM* e depois extraídas por outros programas informáticos conforme necessário;
- ✓ Poderão existir módulos ligados num conjunto de programas que permitam uma comunicação mais eficaz;
- ✓ Poderão ser desenvolvidas normas que permitam uma transferência mais ágil de dados entre softwares diferentes.

Como resposta à possibilidade de troca de informações entre diferentes softwares surge o *IFC* (*Industry Foundation Classes*), um formato de arquivo de dados voltado para o objeto, baseado na definição de classes que representam elementos, processos, aparências, etc. Representa ainda, um formato não proprietário, de arquitetura aberta, uma linguagem comum, utilizada para a troca de informação entre modelos de diversos fabricantes (Figura 1).



Figura 1 - Fluxo de informação assumindo o *IFC* como garantia da interoperabilidade (Fonte: Smart Codes)

O *IFC* define um elemento de construção (ou projeto), através dum modelo orientado por objetos, transferível entre aplicativos que operem com este tipo de extensão. As extensões *IFC*

são públicas e abertas para implementação e uso de qualquer utilizador, sendo definidas pela indústria, extensíveis e desenvolvidas continuamente (Jacoski 2002).

A utilização dos arquivos *IFC* em softwares *BIM*, possibilita:

- ✓ Interagir entre os arquivos diretamente e instantaneamente;
- ✓ Distribuir e transferir informações de interesse comum.

É relevante dar ênfase a esta extensão porque será o portal de ligação para a integração dos projetos digitais, na medida em que, permite a sua integração com a linguagem *XML*, o que possibilita a circulação da informação, de forma que outros fins que não somente a área de projetos possam fazer uso dela.

## 2.2. Normalização do BIM

A nível global, a tecnologia *BIM* encontra-se em diferentes patamares de maturidade nos diversos países. Cada país possui as suas próprias normas, organizações e diretivas que contribuem para o desenvolvimento da normalização do *BIM* no próprio país. Alguns países já tornaram a implementação do *BIM* obrigatória nas obras públicas. Uns, através da alteração da lei (EUA, Singapura) outros, através da criação de orientações e diretivas (Irão, China), muitos fazendo uso do *Industry Foundation Classes* (Noruega e Lituânia), outros aplicando limites máximos ao custo do empreendimento a partir dos quais o projeto terá de ser executado segundo a metodologia *BIM* (Reino Unido e Países Baixos) (Taborda & Cachadinha 2012; Silva et al. 2016).

No que respeita às estratégias de implementação do *BIM*, quer por normas ou linhas orientadoras, é de salientar os países onde se obteve maior predominância e resultados positivos, destacando-se (Pinho 2015):

- ✓ **EUA**, *National Building Information Modelling Standards*, desenvolvidos pelo *National Institute of Building Science*, que representa o culminar de inúmeras iniciativas *BIM* americanas que se iniciaram em 2003 com o *National 3D-4D-BIM program da General Service Administration (GSA)*;
- ✓ **Finlândia**, *National Common BIM requirements (COBIM)*, surge depois do *BIM* ter assumido um papel central na investigação e desenvolvimento da construção, publicados em 2007 pela organização pública *Senate Properties* Finlandesa. Desde 2001 que esta entidade desenvolve projetos-piloto que culminaram numa crescente generalização do *BIM* a nível nacional;
- ✓ **Reino Unido**, PAS 1192-2 *Specification for Information management using BIM* e também o *AEC (UK) BIM Protocol*, impulsionados pelo *Cabinet Office* britânico,



responsável pelas metas estratégicas entretanto estabelecidas de utilização *BIM* obrigatória a partir de 2016.

O pedido de implementação do *BIM* aliado ao atual processo de globalização do setor de construção despertou as empresas AECO para a inevitabilidade de o implementar nos seus procedimentos de trabalho, de forma a aumentar sua competitividade internacional. Existe uma vasta lista de países onde o *BIM* já entrou nos requisitos obrigatórios e a sua adoção está a expandir-se com uma taxa de crescimento extremamente rápida (de 28% em 2007 para mais de 70% em 2012 nos EUA e de 20% em 2009 para 65% em 2013 em Singapura, Figura 2) (McGraw Hill 2012).

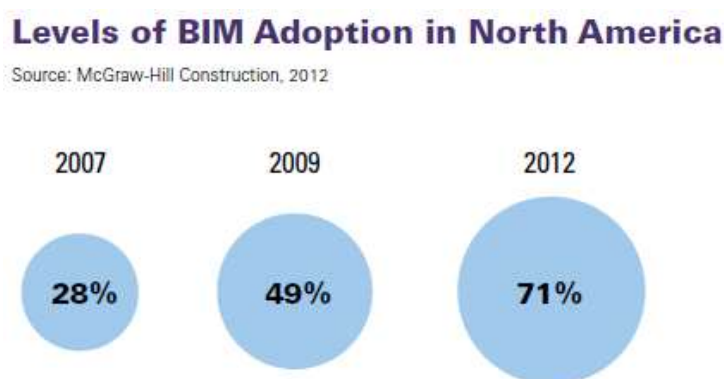


Figura 2 - Percentagem de adoção do *BIM* nos EUA (2007 a 2012). (Fonte:McGraw-Hill Construction 2014)

Comparando com a prática internacional do *BIM*, Portugal está atrasado em relação à maioria dos países desenvolvidos. Isto deve-se ao simples facto de que a implementação do *BIM* nas suas empresas representa um grande desafio, que é provocado essencialmente pelos seguintes fatores (Silva et al. 2016) :

- ✓ Falta da necessidade para se implementar a tecnologia *BIM*;
- ✓ Práticas usuais de desenho em 2D e 3D;
- ✓ Curva de aprendizagem íngreme para construir o conhecimento em *BIM*;
- ✓ Falta de experiência em *BIM*.

É possível definir linhas orientadoras para a implementação do *BIM* na indústria portuguesa AECO, através da identificação de estratégias capazes de superar os desafios acima referidos (Silva, et al., 2016). Vai-se apresentar de seguida os aspetos mais relevantes no que diz respeito aos objetivos e âmbitos de implementação do *BIM* em normas/diretivas de outros países, de forma a identificar-se as necessidades de normalização em Portugal para se desenvolver a implementação do *BIM*.

### **2.2.1. USA Standard**

A norma *BIM* nos EUA, *National Building Information Modeling Standard (NBIMS)*, tem vindo a ser desenvolvida através da compilação de várias regras/requerimentos/guias para implementação do *BIM* que as várias entidades, tais como empresas de construção, universidades e instituições governamentais, têm desenvolvido. Os principais objetivos são: promover a troca de dados e informações ao longo de toda a vida útil do edifício, definir um conjunto de dados para obtenção de uma padronização nacional *BIM* e organizar toda essa informação para que se torne útil, atual e acessível a todos os intervenientes da indústria da AECO (Bazjanac 2007).

### **2.2.2. Finland Standard**

A Finlândia há mais de 30 anos que tem sido pioneira no desenvolvimento e investigação do *BIM* na construção, pelo que, atualmente, o uso do *BIM* encontra-se bastante difundido e é uma ferramenta de uso diário pelos profissionais do setor (Pinho 2015).

Para dar resposta a esta tendência, a Finlândia tem, como em muitos países, trabalhado para o desenvolvimento de um documento de requisitos para apoiar a implementação do *BIM* na indústria da AECO, documento este denominado por *Common BIM Requirements (COBIM)*, que define com precisão as regras de modelação a aplicar (Pinho 2015).

### **2.2.3. UK Standard**

O Reino Unido estabeleceu a partir de 2016 a obrigatoriedade legal da aplicação da metodologia *BIM* em obras públicas de valor superior a £5 milhões (5.69 milhões de euros) (Silva et al. 2016). Têm sido desenvolvidas e publicadas normas que permitam que todos os intervenientes da AECO trabalhem de forma colaborativa através do *BIM* (Pinho 2015).

Estas exigências do governo são apoiadas pela *AEC (UK) BIM Standard Committee* que publicou até à data as normas *AEC (UK) BIM Standard* (em novembro de 2009), e a *AEC Standard* para os *softwares Revit* (em junho de 2010) e *Bentley* (em setembro 2011) (Pinho 2015).

Todas estas normas têm como objetivo fornecer protocolos e procedimentos para que as empresas do AECO no Reino Unido façam a transição do *CAD* para o *BIM*. Estas normas são escritas por uma comissão que inclui profissionais da AECO que estão a usar o *BIM* diariamente, transmitindo não só conhecimento teórico, mas também prático (Kemlani, 2012).

#### 2.2.4. Normalização do BIM em Portugal

Em Portugal, o processo de normalização está a dar os primeiros passos. O instituto Português da Qualidade (IPQ) está representado no grupo de trabalho da Comissão de Normalização Europeia para o desenvolvimento da norma *BIM* europeia, garantindo-se assim uma convergência ente os esforços nacionais e europeus (Costa 2014). Tem-se verificado também uma dinamização de iniciativas com vista a gerar o conhecimento base necessário para o desenvolvimento de um documento nacional, que poderá servir de orientação para a implementação de uma norma portuguesa no âmbito da metodologia *BIM*.

Atualmente encontram-se uma série de entidades/organizações a contribuir para a dinâmica da normalização, através da auscultação da indústria, e pela participação em redes *BIM* europeias. Das entidades a atuar em Portugal destaca-se a:

- ✓ GTBIM da Plataforma Portuguesa Tecnológica da Construção (PTPC);
- ✓ BIMfórum;
- ✓ Comissão *BIM* da Associação Portuguesa dos Mercados Públicos (APMEP).

A normalização do *BIM* em Portugal deve ser encarada como uma oportunidade de reorganização da indústria e otimização dos processos e fluxos de informação que lhes estão inerentes. A sua correta implementação permitirá, de forma inequívoca, potenciar sinergias entre os diversos agentes e abrir espaços de inovação importantes para o aumento da competitividade no mercado global (Costa 2014).

A tecnologia *BIM* está a difundir-se rapidamente por todo o mundo, com diversas entidades públicas a exigirem a sua utilização nos projetos. Em Portugal, ainda não existe este tipo de regulamentação governamental para o uso de *BIM*, nem nenhuma entidade pública tem requisitos para que nos seus projetos seja incluída esta tecnologia (Costa 2014).

À semelhança do que se tem verificado nos diversos países, os principais intervenientes da indústria da construção em Portugal deveriam reunir esforços para a obtenção de uma norma, ou pelo menos, duma padronização no que toca ao uso do *BIM* no setor, de forma a poder oferecer competitividade num mercado onde países como os EUA, Reino Unido e Finlândia já lideram. Mas para isso, tem que se ultrapassar as barreiras existentes, no que diz respeito às mudanças culturais, a alteração de processos, às adaptações organizacionais, ao investimento em tecnologia, à partilha do risco e de informação, à maior exigência de normalização, à interoperabilidade, entre outros, podendo assim concluir-se que muitos são os desafios a alcançar para atingir esta vantagem competitiva (Antunes & Costa 2015).

Ao ampliar-se o carácter colaborativo dos processos de trabalho, os diversos agentes da indústria têm, inevitavelmente, que estreitar relações, partilhar informações de forma mais proativa e estar preparados para adaptar os seus processos internos aos processos das outras entidades com quem interagem. Declaradamente, exige-se um conhecimento mais profundo de todo o fluxo de informação, interno e externo, assim como o conhecimento claro das fragilidades existentes em termos de comunicação (Antunes & Costa 2015).

A implementação *BIM* em organizações e projetos surge assim, como um processo complexo, que deve ser abordado de forma estruturada e sistematizada. As organizações devem ser capazes de mapear processos, identificar trocas de informação, adaptar as suas estruturas organizativas e implementar metodologias e planos de execução *BIM* integrados. Transversalmente a todos estes desafios surge a necessidade da normalização do *BIM*. Este é um ponto crítico, cuja complexidade exige especial cuidado, mas que contribui de forma decisiva para alavancar a vantagem competitiva permitida pela utilização integrada do *BIM*. A elaboração de normas nacionais e internacionais assumem especial importância, devendo uniformizar processos, prever riscos, alinhar interações ao longo do ciclo do empreendimento, apoiar as partes na execução dos trabalhos e garantir a legalidade e distribuição de responsabilidades ao longo do ciclo de vida do empreendimento de construção (Antunes & Costa 2015).

### **2.3. BIM versus CAD 2D**

O *CAD 2D* descreve geometricamente um determinado edifício em desenhos 2D, tais como, plantas, seções, cortes, etc., e a edição de umas das vistas, requer que todas as vistas tenham de ser verificadas e atualizadas para que haja coerência entre elas, sendo consequentemente, um processo propenso a erros. No que diz respeito aos atributos do *BIM* podem-se enumerar os seguintes (Arayici 2008):

- ✓ Geometria robusta: os objetos são descritos com uma geometria fiável e precisa que a torna mensurável;
- ✓ Propriedades dos objetos abrangentes e extensíveis, que expandem o significado do objeto. Os objetos no modelo têm algumas propriedades predefinidas ou então, a especificação *IFC* permite a atribuição de propriedades específicas do projeto que são detalhadamente descritas como itens, com o código de produto de determinado fabricante, custo e data do último serviço;
- ✓ Informação integrada: O modelo armazena toda a informação num único repositório garantindo assim, toda a consistência, precisão e acessibilidade dos dados;

- ✓ Gestão da manutenção: a definição do modelo, suporta dados ao longo de todo o ciclo de vida desde a conceção até à demolição.

A Figura 3 ilustra os atributos geométricos do *CAD 2D* e do *BIM*.



Figura 3 Atributos geométricos *BIM* versus *CAD 2D* (Fonte: CBS – CAD & BIM Services)

Podem-se destacar os seguintes benefícios do *BIM* relativamente ao *CAD 2D*:

- ✓ Processos mais rápidos e eficazes: a informação é facilmente partilhada;
- ✓ Melhores projetos: as propostas de um determinado projeto podem ser rigorosamente analisadas, as simulações podem ser efetuadas rapidamente e o desempenho comparado, permitindo assim, soluções inovadoras e melhoradas;
- ✓ Dados de ciclo de vida: informações operacionais para gestão de instalações;
- ✓ Uma indústria mais eficaz e competitiva, e projetos de longo prazo e sustentáveis.

## 2.4. Software BIM

Atualmente existe uma extensa variedade de *software* de modelação, possibilitando uma visualização mais próxima da realidade de todo o projeto. Contudo há que ter em atenção que um *software BIM* não é um *software* que se destina a avaliar a integridade estrutural do projeto, mas sim a analisar e gerir todos os elementos que o compõem (Kia 2013). Atualmente, entre os programas disponíveis no mercado, um dos mais utilizados é o *Revit* da *Autodesk*. O *Revit* apresenta-se como sendo o *software BIM* da *Autodesk*, cujas ferramentas permitem que se utilize o processo inteligente baseado em modelos paramétricos para planear, projetar, construir e gerir edifícios e infraestruturas, suportando ainda um processo multidisciplinar para projetos colaborativos. O *Revit* permite modelar qualquer componente de construção, analisar e simular sistemas e estruturas, podendo ainda gerar toda a documentação, tais como desenhos, tabelas, entre outros.

Num estudo realizado por Lashihar em 2011 sobre os software *BIM* mais utilizados no mercado Norte Americano foi concluído que o *Revit* superou em termos de quota de mercado os outros software nos últimos anos, como se pode verificar na Figura 4. Contudo este estudo realizado por Lashihar (2011) encontra-se desatualizado, sendo que atualmente os valores de mercado poderão corresponder a outras percentagens. O que é importante salientar é que a *Autodesk* continua a liderar o mercado, pelas questões que serão apresentadas de seguida.

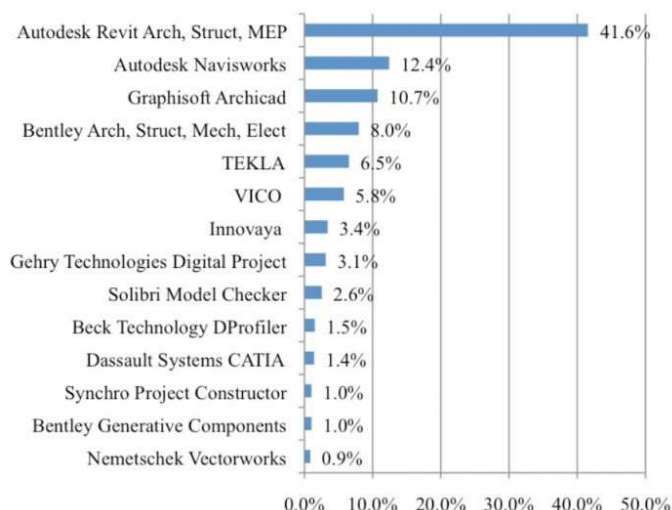


Figura 4 - Software *BIM* mais utilizado no mercado dos Estados Unidos (Fonte: Lashihar 2011)

Para compreender, como pode o *Revit* ser o software mais utilizado, há que entender o que o diferencia dos restantes.

Em primeiro lugar, o *Revit* funciona como uma base de dados que armazena todas as informações que são inseridas guardando-as parametricamente (Lashihar 2011). Isto é uma vantagem fulcral porque automatiza toda a informação. Uma outra particularidade do *Revit* é a manipulação dessa mesma informação, que permite a adaptação do *software* na interação com os diferentes ramos interligadas com o setor da construção, sejam elas de construção, reabilitação, gestão e manutenção, produção, etc.

O princípio em que assenta a tecnologia *BIM* do *Revit* não tem por base a execução direta de desenhos, mas na criação de um modelo do ponto de vista da caracterização de todos os aspetos que possam ser relevantes para a sua construção e gestão (dados alfanuméricos associados aos diversos elementos que compõem o modelo). Assenta também num modelo gráfico 3D que permite uma melhor avaliação dos componentes construtivos do espaço, por parte dos projetistas, o que facilita a análise de soluções alternativas e também, uma melhor comunicação

do projeto com todos os que possam desempenhar um papel na sua apreciação (cliente, autoridades licenciadoras, elementos da equipa de projeto, etc.).

O que o *Revit* oferece, não é apenas um somatório de diferentes representações desligadas entre si, mas a articulação de todas elas a partir dum modelo central de dados, de modo a manter sempre uma representação coerente, independentemente das alterações que possam ser feitas em qualquer parte do modelo, minimizando assim, o erro e o tempo gasto na coordenação de todo o projeto (Garcia 2014).

Assim, e dentro dos aplicativos atualmente no mercado, o *Revit* é o que demonstra maior qualidade e desempenho para a utilização em projetos *BIM*.

## **2.5. Gestão e Comunicação de Dados**

Uma das principais particularidades dos projetos desenvolvidos segundo a metodologia *BIM*, encontra-se enquadrada com a sua capacidade no domínio de Gestão e Comunicação de Dados. Num projeto *BIM* um dos seus principais requisitos é assegurar que as trocas de informação e submissão de peças e documentos sejam extraídas de forma integrada, o que aliado à implementação duma metodologia colaborativa de fluxos de trabalho, fomenta e incrementa a integração entre todos os intervenientes (Caires 2016).

No entanto, quando se está no domínio da gestão e comunicação de dados em projetos *BIM*, torna-se evidente a necessidade de definir estratégias e procedimentos a adotar para a atribuição de dados dos ativos ao respetivo modelo, nomeadamente aos parâmetros e às respetivas informações, que se pretendam que sejam anexadas ou integradas. A partir do momento em que essas informações e parâmetros passam a integrar o modelo, isso traduz-se fisicamente na existência de uma base de dados externa que está a ser utilizada e interligada aos modelos *BIM* (com uma ligação bidirecional). Alguns exemplos destas bases de dados são os servidores *Access*, *SQL*, conectividade de base de dados *ODBC* (*Open Database Connectivity*) ou *COBie* (*Construction Operations Building Information Exchange*).

Todavia, como o *BIM* representa o paradigma colaborativo entre os vários intervenientes dum projeto, existe a particularidade no que diz respeito à convenção/nome utilizado na indexação de informação e parâmetros ao modelo, surgindo assim a importância da adoção de um sistema de classificação para uma normalização de dados (ex.: *Uniclass 2015*, *OmniClass*, etc.) de forma a garantir uma organização mais eficaz dos ativos (Caires 2016).

## 2.6. Sistema de Classificação

Como foi referido na secção 2.5, existe necessidade de normalização de dados, e essa normalização é conseguida através dum sistema de classificação, sistema esse que se propõe ordenar e hierarquizar o objeto de estudo, dividindo-o por classes e/ou princípios de especialização, agrupando-o de forma coerente e de fácil entendimento e, acima de tudo, evitando por parte do interlocutor interpretações dúbias (Silva & Amorim 2011).

Neste sentido, ir-se-á abordar os principais sistemas de classificação existentes atualmente e em que consiste cada um deles.

### 2.6.1. *Uniclass 2015*

A *Uniclass* é um sistema de classificação de informação unificado para a indústria da construção do Reino Unido, com o objetivo de ser utilizado no planeamento e gestão da construção. Um dos principais objetivos dos autores do sistema de classificação *Uniclass* foi unificar todos os sistemas em uso, no Reino Unido (Silva 2015).

A *Uniclass 2015* resulta duma atualização do sistema previamente em vigor, a *Uniclass 2* que não possuía as melhores condições de compatibilidade, dado não ser capaz de cobrir a construção, infraestruturas e engenharia de forma consistente e, portanto, não sendo o seu funcionamento enquanto um conjunto o mais adequado. A *Uniclass 2015* surgiu assim como uma resposta a uma abordagem estruturada para a classificação da informação do edifício, sendo um sistema que agrupa a informação em tabelas que podem ser vistas com maior ou menor detalhe e de forma hierarquizada (Silva 2015).

O conceito *BIM* defende a gestão da informação desde a conceção até à demolição e a troca destas informações ao longo de todo o ciclo de vida entre todos os intervenientes. Torna-se assim evidente a necessidade de se obter uma classificação unificada que garanta a informação estruturada.

Cada código consiste em quatro ou cinco pares de caracteres. O par inicial identifica qual tabela está sendo usada e emprega letras. Os quatro pares seguintes representam grupos, subgrupos, seções e objetos. Selecionando pares de números, podem ser incluídos até 99 itens em cada grupo de códigos, permitindo muitos espaços para inclusão (ver Figura 5)



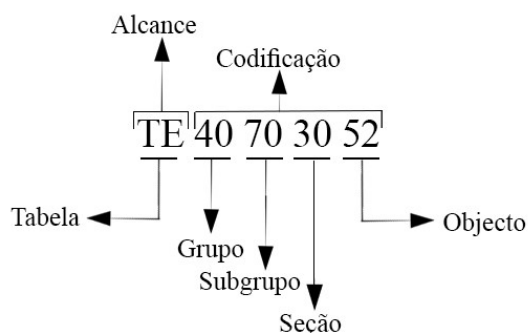


Figura 5 - Exemplo da estruturação da classificação Uniclass 2015

A *Uniclass* 2015 encontra-se organizada sobre os seguintes âmbitos (Silva 2015):

- ✓ Alcance – Traduz a organização hierárquica da informação em tabelas que cobrem arquitetura (edifícios e paisagem) engenharia e processos. A informação encontra-se dividida em tabelas organizadas pelas seguintes categorias:
  - *Complexes* (Co) – Descreve o projeto em termos gerais. Poderá corresponder a um campus universitário, como um aeroporto etc.;
  - *Entities* (En) - As entidades fornecem a informação sobre a área onde ocorrem as diferentes atividades. Tais como edifícios, pontes, túneis etc.;
  - *Activities* (Ac) – Define as atividades que são realizadas no complexo, entidade ou espaço;
  - *Spaces/Locations* (SL) – Define os espaços para as várias atividades, sendo que um espaço poderá conter vários tipos de atividades;
  - *Elements* (EF) – Define os principais componentes de uma estrutura;
  - *Systems* (Ss) – Definem o conjunto de componentes que se agrupam para criar um elemento ou para executar uma função – *e.g.* para um telhado inclinado, as vigas, o isolamento, as ripas e as telhas traduzem um sistema;
  - *Products* (Pr) – Definem os produtos individuais necessários aquando na construção de um sistema.
- ✓ Codificação – Todas as tabelas usam codificação numérica abaixo do nível 1. Todos os códigos de nível em todas as tabelas será de dois dígitos, 00-99 potencialmente;
- ✓ Profundidade – Todas as tabelas têm por definição quatro níveis, salvo exceções que possuem cinco níveis.

Esta versão obteve um *feedback* positivo, pelo que tem sido considerado como uma referência no que diz respeito aos sistemas de classificação. No entanto, este sistema ainda não está concluído, pelo que existem ainda tabelas a serem finalizadas como se pode ver na Tabela 1.

Tabela 1 - Estado atual do sistema de classificação Uniclass 2015

Table	Status and revision information
<b>Co - Complexes</b>	v1.2, Published January 2017
<b>En - Entities</b>	v1.3, Published January 2017
<b>Ac - Activities</b>	v1.2, Published January 2017
<b>SL - Spaces/locations</b>	v1.3, Published January 2017
<b>EF - Elements/functions</b>	v1.2, Published November 2016
<b>Ss - Systems</b>	v1.5, Published January 2017
<b>Pr - Products</b>	v1.5, Published January 2017
<b>TE - Tools and Equipment</b>	v1.0, Published January 2017
<b>Zz - Cad</b>	v1.0, Published July 2015
<b>FI - Form of information</b>	Beta status - consultation ongoing
<b>PM - Project management</b>	Beta status - consultation ongoing

(Fonte Adaptada: NBS BIM Toolkit)

### 2.6.2. OmniClass

A *OmniClass Construction Classification System* (conhecida como *OmniClass*) representa um outro sistema utilizado para organizar e recuperar informações especificamente projetadas para a indústria da construção. A *OmniClass* é bastante útil em aplicações na área do *BIM*, desde a organização de relatórios e bibliotecas de objetos até à pesquisa de informações que atendam às necessidades do utilizador. Foi projetada para fornecer uma base normalizada de forma a poder classificar toda a informação criada e usada pela indústria AEC Norte Americana durante todo o ciclo de vida desde a concepção até a sua demolição, abrangendo todos os diferentes tipos de construção (Silva 2015).

A *OmniClass* consiste em 15 tabelas hierárquicas, onde cada uma representa uma faceta diferente da informação de construção. Cada tabela poderá ser utilizada para classificar um tipo particular de informação, ou poderão ser combinadas com outras tabelas para classificar informações mais complexas (Silva 2015).

Este sistema utiliza uma classificação facetada que permite uma exploração voltada para o utilizador, ou seja, um extenso conjunto de dados que pode ser progressivamente filtrado, consoante as escolhas do utilizador, até se encontrar um conjunto de dados que vai ao encontro das suas necessidades (Silva 2015). Na Tabela 2 pode-se verificar as tabelas da *OmniClass* inter-relacionai

Tabela 2 - Tabelas inter-relacionadas e respetivas funções

Designação	Função
<b>Tabela 11 - Entidades construídas por função</b>	Representa a primeira tabela do sistema de classificação e tem como função o uso de uma entidade de construção. <i>e.g. 11-12 24 11 (Estabelecimento de ensino - Universidade)</i>
<b>Tabela 12 - Entidades construídas por forma</b>	Define o ambiente construído composto de espaços interligados e caracterizados em função da forma. <i>e.g. 12-27 15 00 (Agrupamento de entidades de construção – Campus Educativo)</i>
<b>Tabela 13 - Espaços por função</b>	Descrevem as unidades básicas do ambiente construído, delineadas pelos limites físicos ou abstratos e caracterizada pela sua função ou uso principal. <i>e.g. 13-31 13 11 (Educação – Sala de aulas)</i>
<b>Tabela 14 - Espaços por forma</b>	Tal como na tabela anterior, descrevem as unidades básicas do ambiente construído, delineado por limites físicos ou abstratos, mas com a diferença que são caracterizados pela forma física e não da sua função. <i>e.g. 14-11 11 27 (Compartimentos – Auditório)</i>
<b>Tabela 21 - Elementos</b>	São utilizadas para organizar a informação de tal forma que possa ser usada para decisões de projeto. <i>e.g. 21-01 10 10 30 (Subestrutura – Pilares)</i>
<b>Tabela 22 - Resultados do trabalho</b>	Representa entidades concluídas depois de aplicadas todas as matérias-primas e recursos humanos necessários. <i>e.g. 22-12 56 23 (Mobilar – mobiliário de sala de aulas)</i>
<b>Tabela 23 – Produtos</b>	Representa um componente ou um conjunto de componente que se destinam a incorporar numa entidade de construção. <i>e.g. 23-13 23 11 13 21 (Ligações mecânicas - parafusos)</i>
<b>Tabela 31 - Fases</b>	Uma fase é um período de tempo na duração do processo construtivo identificada pelo carácter geral dos processos de construção que nele ocorrem. Fornece o tempo e a dimensão da atividade para o processo construtivo e manutenção do ambiente construído. <i>e.g. 31-80 00 00 (Fase de Operações)</i>
<b>Tabela 32 - Serviços</b>	Baseia-se em ações que incluem qualquer serviço exercido no ambiente construído. Os serviços incluem todas as ações realizadas por qualquer um dos participantes na criação e manutenção do ambiente construído ao longo do ciclo de vida de qualquer entidade de construção. <i>e.g. 32-89 81 13 (Serviços Gerais – Educação)</i>
<b>Tabela 33 - Especialidades</b>	Representam áreas de atuação e especialidades dos participantes que realizam serviços durante o ciclo de uma entidade de construção. <i>e.g. 33-55 24 14 (Especialidades de utilização de instalações – Gestão de Instalações)</i>

Designação	Função
<b>Tabela 34 - Funções Organizacionais</b>	Representam os cargos técnicos ocupados pelos participantes, indivíduos e grupos. <i>e.g. 33-55 24 14 (Funções de Execução– Engenheiro projetista)</i>
<b>Tabela 35 - Ferramentas</b>	Apresentam recursos usados para a elaboração de um projeto, que não seja parte integrante da instalação, incluindo sistemas informáticos, veículos, andaimes, etc. <i>e.g. 35-51 11 14 17 (Ferramentas de construção – Equipamento de segurança)</i>
<b>Tabela 36 - Informações</b>	Corresponde à utilização de dados de referência durante o processo de criação e manutenção do ambiente construído. <i>e.g. 36-71 87 15 (Informação do projeto – desenho assistido por computador)</i>
<b>Tabela 41 - Materiais</b>	Esta tabela classifica as substâncias a partir das quais são fabricados os recursos de construção. <i>e.g. 41-30 10 25 13 11 (Compostos sólidos – Tijolo)</i>
<b>Tabela 49 - Propriedades</b>	Representa as características das entidades de construção. <i>e.g. 49-11 11 24 (Propriedades de identificação – Morada)</i>

(Fonte: Silva 2015; OCCS Development Committee Secretariat 2017)

O comitê do *Omniclass Construction Classification System (OCCS)* elaborou as regras que se indicam de seguida, para o uso de símbolos para combinar as diferentes tabelas. Estes símbolos podem ser úteis na aplicação da *Omniclass* às bases de dados de arquivos, marcação de dados com as classificações *Omniclass* adequadas, ou catalogar os materiais de bibliotecas ou outros objetos físicos. Como exemplo da aplicação destes símbolos tem-se que (Silva 2015):

- ✓ **11-11 11/ 11-17 21** – Escritórios e unidades comerciais;
- ✓ **21-51 51 00+13-15 11 34 11** – Produtos de sistemas de climatização (*HVAC*) para escritórios;
- ✓ **13-15 11 34 11 < 11-13 24 11** – Espaço de escritório que é parte de um hospital.

### 2.6.3. Uniclass 2015 versus Omniclass

Apesar de, numa primeira análise o sistema de classificação *Omniclass* se mostrar mais promissor no que diz respeito às vantagens *versus* desvantagens (Tabela 3), a aplicação do sistema *Uniclass 2015* demonstra ser um sistema de maior simplicidade de aplicação, sendo que, como referido em 2.6.1, ainda é um sistema em desenvolvimento, com pontos a serem retificados. No entanto, este será o sistema mais promissor como guia para a implementação

dum sistema de classificação em Portugal e, consequentemente, para uma posterior integração numa norma ou diretiva.

Tabela 3 - Sistema de classificação Uniclass 2015 versus Omniclass

<i><b>Uniclass 2015</b></i>	<i><b>Omniclass</b></i>
<p><b><u>Vantagens:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Numeração consistente ao longo das tabelas;</li> <li>• Tabelas hierarquicamente definidas: permitindo maturação progressivamente da informação;</li> <li>• Níveis de análise constantes;</li> <li>• Versão melhorada, produzida em função do <i>BIM</i>;</li> <li>• Correspondência direta com as <i>tabelas ISO 12006-2</i>;</li> <li>• Proximidade à terminologia e prática europeia.</li> </ul> <p><b><u>Desvantagens:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor número de tabelas: apenas um prisma de classificação de conteúdo.</li> </ul>	<p><b><u>Vantagens:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação de diferentes prismas de classificação de conteúdo (ex. forma e função);</li> <li>• Compatibilidade com sistemas-padrão: inclusão do <i>MasterFormat</i> e <i>UniFormat</i>.</li> </ul> <p><b><u>Desvantagens:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Foco na terminologia e prática corrente americana;</li> <li>• Número de níveis de análise variáveis;</li> <li>• Sistema de numeração independente entre tabelas diferentes;</li> <li>• Sem correspondência direta com as tabelas propostas na <i>ISO 12006-2</i></li> </ul>



# *Capítulo 3*

---

*Aplicação do BIM no Património*

*Histórico*





### 3. Aplicação do BIM no Património Histórico

#### 3.1. Património histórico edificado

Ao traçar metas ambiciosas para 2020, assentes nos pilares da sustentabilidade, da inclusão e do desenvolvimento inteligente, o novo quadro comunitário europeu colocou o património histórico como o elemento potencialmente dinamizador dos territórios e das comunidades. É assim reconhecida a incontornabilidade do Património, não apenas enquanto elemento de identidade e de coesão social, mas também enquanto instrumento impulsionador do desenvolvimento sustentável de uma “nova economia”.

Estudos recentes na Europa têm demonstrado uma correlação entre as indústrias culturais e criativas – onde o património assume lugar central – e o dinamismo socioeconómico de um território, esforçando-se por quantificar o seu peso no PIB (Produto Interno Bruto), que se estima em cerca de 3% do total da riqueza (Bernardes et al. 2014).

Torna-se assim necessário reavaliar a adequabilidade dos métodos de gestão atuais aplicados ao património histórico. Na Tabela 4 pode verificar-se o número significativo de edificações históricas existentes em Portugal, em que uma grande percentagem ocupa uma época de construção anterior ao século XXI, o que se pode traduzir numa alta probabilidade de carência ou até inexistência de documentação que contenha os elementos caracterizadores, não só históricos, mas como também relativos às intervenções a que a edificação foi sujeita ao longo da sua vida. E com o aumento da necessidade de intervenção neste edificado, aumenta também a necessidade da existência de documentação e informação atualizada e acessível.

Tabela 4 - Distribuição da época de construção dos imóveis por grau de classificação a nível Nacional

<b>Época de construção</b>	<b>Monumento Nacional</b>	<b>Interesse Público</b>	<b>Interesse Municipal</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Pré-história	117	198	9	324	8,4
Antiguidade	69	125	6	200	5,2
Séc. VI a XIV	280	303	24	607	15,8
Séc. XV a XVIII	300	1586	238	2124	55,4
Séc. XIX a XXI	22	296	150	468	12,2
Época de Construção não identificada	14	47	52	113	2,9
<b>Total</b>	<b>802</b>	<b>2555</b>	<b>479</b>	<b>3836</b>	<b>100,0</b>

(Fonte: Bernardes et al. 2014)

Essa documentação e informação, em que as características dos edifícios são refletidas, são de importância crítica para muitas intervenções, tais como para a manutenção, conservação e reabilitação do património histórico.

William Morris, fundador da Society for the Protection of Ancient Buildings (SPAB), identificou especificamente a manutenção como sendo o principal método de retenção do valor incorporado no tecido histórico (Society for the Protection of Ancient Buildings 2008). E passado século e meio, a manutenção é ainda aceite como a forma mais sustentável e adequada para a conservação de edifícios (Dann & Cantell 2007).

Segundo o Maintain our Heritage 2004, p.3, "grande parte da necessidade de investimentos em ambientes históricos é resultado de uma manutenção deficiente". Esta declaração reconhece que a manutenção reativa não é rentável quando comparada com as despesas de manutenção pró-ativa (preventiva). Essa relação é representada graficamente na Figura 6, ilustrando o custo entre uma manutenção planeada e não planeada (Forster & Kayan 2009).

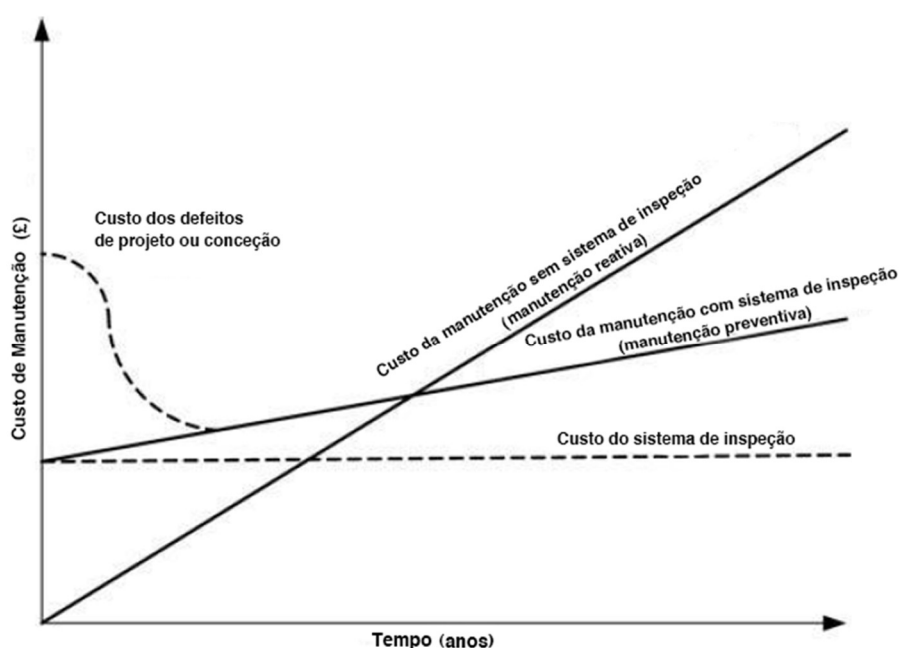


Figura 6 - Relação custo-tempo entre manutenção com e sem sistema de inspeção (Fonte adaptada : Forster & Kayan 2009)

Os benefícios mais amplos da manutenção preventiva incluem a conservação de materiais históricos, a prevenção da interrupção do tecido da construção envolvente e dos ocupantes e a minimização da incerteza associada à inspeção irregular (Forster & Kayan 2009).

No entanto, atualmente, a manutenção em edifícios históricos enfrenta um desafio real devido às dificuldades para a obtenção de uma documentação completa (Huber 2002). Grande parte das vezes sabe-se que a informação existe, mas não é conhecido o seu paradeiro, ou está localizável, mas não possui a qualidade aceitável ou é mesmo de difícil acesso (Arayici 2008). Este desafio significa que, para que se possa intervir na preservação deste edificado histórico

se tenha que recorrer a métodos tradicionais de intervenção, que representam um processo moroso e, por vezes, com resultados não fiáveis (Baik & Boehm 2016).

Surge, assim, a necessidade de integração de novas tecnologias de informação, como a modelação da informação da construção (*BIM*), que colabora para o entendimento formal, estrutural e morfológico do objeto, servindo para organizar e disseminar a informação documental do bem patrimonial, unificando as informações métrico-arquitetónicas com a caracterização dos materiais (Tolentino & Feitosa 2014).

### **3.2. Aplicação da metodologia BIM**

As informações sobre o património histórico não são apenas parte integrante dos projetos de reabilitação e/ou conservação, mas devem também ser precisas e atualizadas muito depois de uma intervenção ser concluída (Li 2013). Ao estender-se o modelo para o período de pós-ocupação, os modelos *BIM* podem ser usados para suportar a Gestão de Instalações e Operações de Construção e oferecer assim uma interface consolidada para a informação sobre todos os aspetos do desempenho da operação de construção. Os modelos *Building Information Management* estão a transformar a forma como os edifícios são projetados e construídos. O *BIM* não é simplesmente uma ferramenta *CAD 3D*, mas sim uma base de dados que detém uma ampla gama de informações sobre os atributos dos vários elementos da construção (McArthur 2015).

O uso de modelos *BIM* para Operação e Manutenção (O&M<sup>1</sup>) representa uma nova forma de analisar o comportamento e deterioração do edifício ao longo do tempo, fornecendo informações do estado atual da edificação, além de seu histórico de manutenção e intervenções anteriores. O *BIM* tem ainda a capacidade de armazenar informação sobre todo o sistema integrando-a no modelo espacial 3D, o que não poderia ser conseguido com os formatos de representação de dados tradicionais (Dezen-Kempton et al. 2015).

No que diz respeito à criação de qualquer modelo *BIM* na gestão de operações, é fundamental a identificação adequada das informações necessárias para o desempenho operacional do edifício. No entanto, grande parte da informação incluída nos modelos poderá ser dispensável, sendo por isso necessário uma identificação estratégica de informações, tendo por objetivo que os dados variem de projeto para projeto, com base em sistemas de utilizadores específicos, estrutura organizacional e objetivo do modelo (McArthur 2015).

---

<sup>1</sup> Operation and Maintenance

Existem ainda desafios associados à modificação de modelos completos de construção, tais como: (1) os dados de O&M exigidos, normalmente não se encontram presentes; (2) o tamanho do arquivo pode crescer de tal forma a tornar-se excessivamente compacto (a problemática do *Big Data*).

Onde a informação digital é limitada, o desafio é maior. As plantas digitais (*CAD*) podem ser importados e rastreados/montadas com as famílias paramétricas *BIM* apropriadas para desenvolver uma geometria de base, enquanto outros desenhos *CAD* de especialidades podem ser incluídos para permitir sua visualização no modelo (por exemplo, elementos mecânicos e elétricos). Quando nem as plantas estão disponíveis, a digitalização tridimensional poderá ser usada para desenvolver rapidamente um modelo *BIM* suficientemente detalhado para servir como o modelo de geometria base. Nessa situação, vale a pena considerar a utilidade marginal de cada componente geométrico, pois cada elemento modelado geometricamente exigirá levantamentos extensivos de locais para validar os dados disponíveis e complementá-los com observações do local, fotografias e medições (McArthur 2015).

A utilização do *BIM* na gestão de ativos encontra-se bem definido, no entanto, no que diz respeito à exploração do valor do *BIM* no âmbito da gestão de edifícios históricos, poucas são as pesquisas realizadas que apresentam um fundamento prático (Fai et al. 2011; McArthur 2015). Contudo, e tendo como base a pesquisa bibliográfica relacionada sobre a aplicabilidade da metodologia *BIM* nos edifícios existentes, foi desenvolvida uma metodologia base que estabelece os procedimentos para a implementação da tecnologia *BIM* nos edifícios de património histórico, podendo posteriormente ser incorporados num modelo de gestão. Pode-se então observar no esquema da Figura 7, a metodologia de aplicação do *BIM*, onde será apresentado o conceito de cada uma das respetivas etapas envolvidas.

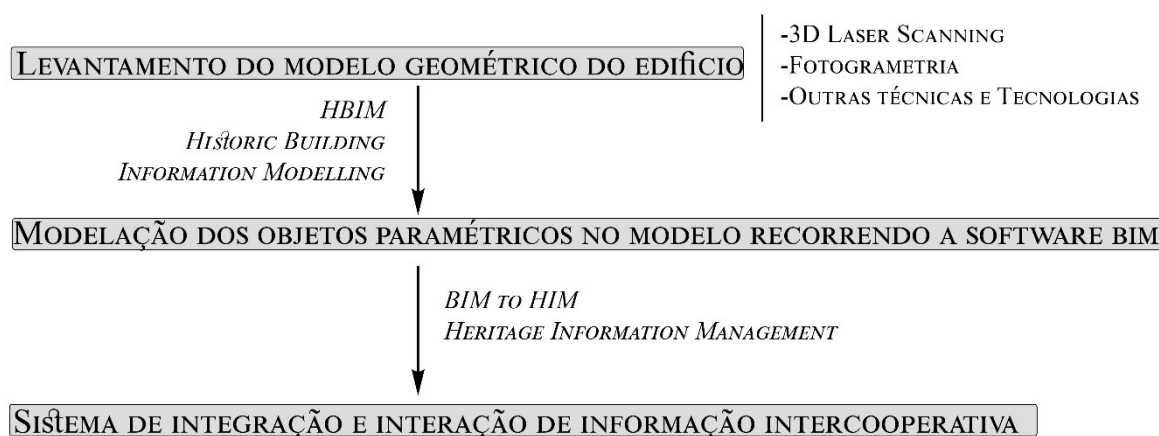


Figura 7 - Organização esquemática da metodologia de aplicação do *BIM* à gestão do património

### 3.2.1. Levantamento do modelo geométrico 3D do edifício

Atualmente, os processos de projeto, construção e gestão na construção têm sido altamente beneficiados com a introdução das funcionalidades das novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), como o *BIM*, com particular destaque para as edificações complexas. E essa nova funcionalidade adequa-se perfeitamente ao edificado histórico devido à sua constante necessidade de manutenção, conservação e restauro, a fim de melhorar o seu desempenho e funcionalidade, visando sempre atender aos novos padrões de sustentabilidade. Assim, no domínio do património histórico, a captura de dados precisos e detalhados e a criação de um modelo com a tecnologia *BIM*, apresenta-se como uma ferramenta potencial para produzir um inventário abrangente que considere os requisitos de manutenção peculiares destas edificações (Dezen-Kempter et al. 2015).

O levantamento do modelo geométrico do edifício consiste na representação das suas características físicas e históricas. Até ao momento, a prática usual do levantamento de edifícios existentes era a reconstituição a partir do zero, usando software *CAD-2D*, a partir de medições *in situ* e de plantas existentes (El-Hakim et al. 2005). No caso de edificações históricas, o problema torna-se mais complexo, pois muitas vezes nem sequer possuem o projeto original (*as-designed*) e muito menos o registo das alterações que se sucederam ao longo do seu ciclo de vida. Além disso, os métodos tradicionais de levantamento por medição direta, apesar de mais simples, acabam por se tornar, em função da complexidade e do nível do detalhe requerido para a finalidade de conservação e restauro, um método dispendioso, moroso e incapaz de registar fielmente as peculiaridades de todos os componentes arquitetónicos e estruturais da edificação (Dezen-Kempter et al. 2015).

A dificuldade em visualizar planos 2D de elementos de construção e componentes, resulta por vezes em erros na interpretação de projetos, em termos de exatidão e complexidade (Arayici et al. 2004). Assim, o uso de tecnologias de digitalização 3D para reunir remotamente informação espacial de edifícios foi popularizado por gerar uma grande quantidade de dados, num curto intervalo de tempo, quando comparado com outros instrumentos de levantamento. Permite ainda obter um modelo 3D interativo, que garante uma visualização sofisticada e realista, e que ao mesmo tempo tem um grau de pormenorização e detalhe que responde às exigências dos intervenientes (Li 2013; Dezen-Kempter et al. 2015).

As tecnologias *Laser Scanning* e Fotogrametria apresentam-se como duas das principais alternativas relativamente aos procedimentos de levantamento manuais, por permitirem coligir grande densidade de informação de forma rápida, registando com precisão a forma real dos

objetos, suas irregularidades e imperfeições decorrentes do processo construtivo, e ainda as deformações e desgaste decorrentes do ciclo de vida da edificação (Groetelaars & Amorim 2012; Dezen-Kempter et al. 2015).

A construção e a documentação digital em 3D dos edifícios históricos representam um processo complexo que envolve tipicamente uma abordagem híbrida de visualização de um conjunto de dados heterogêneos, tais como o levantamento de dados *in situ*, desenhos *CAD*, fotografias, *Laser Scanning*, Fotogrametria, etc.

Estes dados heterogêneos vão constituir a documentação base do edifício, necessária para dar início a um projeto de intervenção e/ou manutenção. Na Figura 8 indicam-se algumas das técnicas de inspeção e levantamento de dados de um edifício. No entanto, apesar de serem várias, dá-se ênfase à Fotogrametria e ao *Laser Scanning*, que representam os métodos mais eficazes no que diz respeito ao levantamento de dados geométricos em edifícios existentes de elevada complexidade.

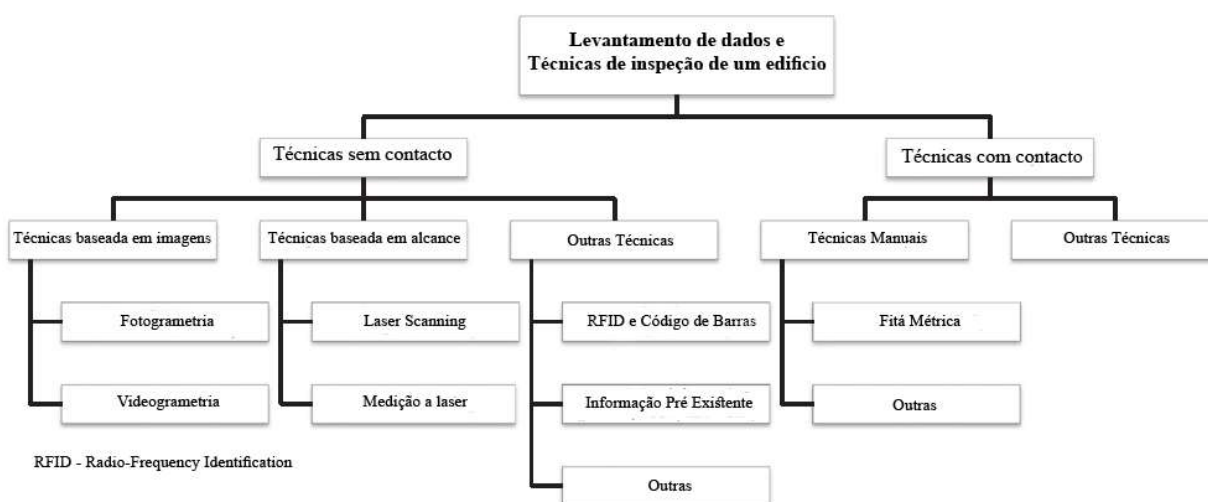


Figura 8 - Técnicas de inspeção de um edifício para levantamento de dados (Adaptado: Volk et al. 2013)

Fai et al. (2011) enfatiza que dado a crescente procura por intervenções em edifícios históricos, o BIM surge como uma potencialidade no emprego de modelos semanticamente orientados para a gestão do ciclo de vida enquanto uma base de dados de conhecimento multidisciplinar. Sublinhando ainda a potencial contribuição dessa tecnologia para o armazenamento de informações complexas sobre todos os aspetos tangíveis e intangíveis relacionados com o edifício numa base de dados orientada por objetos paramétricos.

De forma a compreender as etapas de procedimento no levantamento tridimensional e paramétrico de um determinado edifício histórico, abordar-se-á primeiro as principais técnicas e tecnologias de levantamento do modelo tridimensional.

### 3.2.1.1. 3D Laser Scanning

Admitindo que todo e qualquer método de medição e aquisição de informação geométrica, enquanto fonte de riqueza para informação paramétrica está incluído no *BIM*, o *laser scanning* surge como uma das melhores ferramentas devido à sua velocidade, rigor e capacidade de detalhe, isto é, por conseguir garantir, num curto intervalo de tempo, um elevado nível de informação fiável e precisa (Carvalho & Santos 2016).

No entanto, há que ter em consideração que o *laser scanning* não é *BIM*, mas sim um instrumento para aquisição de um conjunto de informação que pode ser integrado na metodologia *BIM*.

A tecnologia *laser Scanning* permite a obtenção de uma “Nuvem de pontos” ou “*Point Cloud*”, a partir da cobertura das superfícies dos objetos por feixes de raios laser, com recurso a equipamentos específicos, permitindo a captura automática de grande quantidade de dados. O resultado do varrimento *laser scanning* é uma nuvem de pontos georreferenciada, que representa a geometria e radiometria do objeto num determinado momento de captura. A geometria traduz a forma precisa do objeto, a partir da qual se podem realizar medições. A radiometria traduz a informação *RGB*<sup>2</sup> sobre esse objeto (Carvalho & Santos 2016) (Figura 9).



Figura 9 - Modelo geométrico 3D gerado por *Point Cloud* e respetiva renderização (Fonte: [www.mtechthailand.com](http://www.mtechthailand.com))

O registo das nuvens de pontos pode ser efetuado recorrendo a várias técnicas que são aplicadas consoante o tipo de informação disponível. De entre elas realça-se o reconhecimento automático de alvos físicos, utilização de zonas de sobreposição (*cloud-to-cloud*), identificação manual de pontos comuns ou, mais eficiente ainda, registo automático das nuvens através de algoritmos avançados para reconhecimento de padrões comuns (Carvalho & Santos 2016).

Esta tecnologia, apesar de já se encontrar disponível há mais de 25 anos (Arayici et al. 2004), só recentemente é que tem ganho relevo, permitindo resolver inúmeros problemas relacionados

---

<sup>2</sup> Red, Green and Blue colors

com os levantamentos geométricos da arquitetura de construções existentes, nomeadamente em trabalhos de reabilitação e conservação.

Com o aumento da necessidade no que diz respeito ao planeamento da gestão de ativos, torna-se assim um objetivo chave a vinculação de toda a informação obtida, em modelos 3D (Arayici et al. 2004). Contrariamente à integração dos dados obtidos pelo *laser scanning* em *CAD 2D*, que era o procedimento utilizado recentemente, surge agora a necessidade de integrar a informação obtida em plataformas *BIM*, que apresentam um conjunto de aplicação mais sofisticado e com maiores possibilidades de utilização e de interoperabilidade entre as diferentes aplicações, quando comparado com o *CAD* tradicional. Na Tabela 5 indicam-se algumas vantagens e desvantagens da utilização desta tecnologia.

Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens da tecnologia 3D Laser Scanning

3D Laser Scanning	
Vantagens	Desvantagens
Aplicável a todas as superfícies 2D e 3D.	Alguns sistemas não funcionam ao sol e/ou à chuva.
Rápida recolha de dados em 3D - Quase em tempo real	O conjunto de dados 3D de alta resolução exigem pós-processamento.
Muito eficaz devido a grandes volumes de dados obtidos com alta precisão.	Dificuldade em extrair os <i>features</i> de bordos de nuvens de dados indistintos.
Tanto a posição 3D como o reflexo da superfície gerada podem ser vistas como uma imagem.	Nenhum formato comum de troca de dados, como <i>.dxf</i>

Fonte: (Arayici, et al., 2004)

Quando se recorre ao planeamento do *laser scanning*, uma das principais condições a ser respeitada é o nível de detalhe (*Level of Detail- LoD*), isto é, o detalhe gráfico necessário para a representação de um determinado elemento. A Tabela 6 apresenta os requisitos definidos para cada *Level of Detail* de acordo com a *GSA* (General Services Administration).

Tabela 6 – Características técnicas dos diferentes níveis de detalhe

Nível de detalhe ( <i>Level of Detail</i> )	Tipo de Documentação	Tolerância (mm)	Resolução (mm x mm)
1	Nuvem de pontos	± 51	152 x 152
2	Documentação 2D, modelo 3D, nuvem de pontos	± 13	25 x 25
3	Documentação 2D, nuvem de pontos	± 6	13 x 13
4	Modelo 3D, nuvem de pontos	± 3	13 x 13

(Adaptado: Dezen-Kempton et al. 2015)



Sendo que, a “tolerância” refere-se ao desvio dimensional admitido entre o levantamento a laser e o objeto real, e a “resolução” às dimensões do menor componente a ser reconhecido no levantamento (Dezen-Kempton et al. 2015).

No caso de projetos voltados para edificações históricas, a General Services Administration (2009) estipula ainda os seguintes níveis de detalhe:

- ✓ Para inventário (Documentação 2D) – *LoD 1* e *LoD 2*;
- ✓ Para reabilitação (Documentação 2D e Modelo 3D) – *LoD 2* e *LoD 3*;
- ✓ Para conservação/reabilitação de fachadas (Documentação 2D) – *LoD 3*.

Assim, quanto melhor for o planeamento e mais eficaz forem os varrimentos, mais fácil, rigoroso e menos morosas serão as restantes tarefas associadas.

Tendo em consideração a forma como os equipamentos têm evoluído, é possível afirmar que o *laser scanning* é hoje uma tecnologia que está ao alcance de qualquer técnico com experiência em trabalho de campo nesta área (Carvalho & Santos 2016).

### **3.2.1.2. Fotogrametria**

A fotogrametria durante muito tempo tem sido uma ferramenta para recolha de dados *3D* do edificado histórico. A fotogrametria é uma técnica utilizada essencialmente para determinar a geometria tridimensional (localização, tamanho e forma) de objetos físicos, medindo e analisando as suas fotografias bidimensionais. No entanto podem-se destacar outras utilizações práticas tais como (Jiang et al. 2008).:

- ✓ Determinação do valor histórico e arqueológico de um edifício;
- ✓ Definição e obtenção de desenhos e das fachadas dos edifícios;
- ✓ Preparação e aplicação de planos de conservação urbana;
- ✓ Desenhos de interiores;
- ✓ Determinação da deformação, avaliação de danos, análise da degradação, deformação e anomalias e fissuras;
- ✓ Controlar a situação do edifício antes e após a restauração;
- ✓ Constituição de um modelo numérico do edifício determinando as coordenadas na arquitetura.

O uso mais difundido da fotogrametria foi para a representação das fachadas ou alçados dos edifícios históricos. Ao melhorar as técnicas digitais, a fotogrametria digital de curto alcance

tornou-se um método mais eficiente e mais econômico. As imagens 3D sólidas ou texturizadas obtidas auxiliam a uma compreensão facilitada de edifícios sofisticados e complexos (Yilmaz et al. 2007).

Geralmente, a fotogrametria é dividida em duas categorias: fotogrametria aérea e terrestre. Na fotogrametria aérea, as imagens são adquiridas através de fotos captadas a partir de avião, fornecendo mapas topográficos e detalhes do uso da terra. Na fotogrametria terrestre, as imagens são adquiridas em locais próximos na superfície da terra e fornecem informações bidimensionais detalhadas do objeto (Jiang et al. 2008).

Como vantagens do recurso a esta técnica de levantamento geométrico de um determinado edifício histórico, podem-se destacar as seguintes:

- ✓ Um projeto de rede fotogramétrica melhorada, com redes convergentes de múltiplas estações, proporcionando maior precisão e fiabilidade;
- ✓ Auto calibração da câmara e técnicas de processamento analítico, permitem o uso de câmaras não métricas e um processo de calibração de câmaras simplificado;
- ✓ *Softwares low cost*;
- ✓ O desenvolvimento da tecnologia da internet tornou possível as medições fotogramétricas online;
- ✓ Os avanços nas técnicas digitais eliminaram o inconveniente processo da digitalização de imagens e fornecem aos utilizadores, um completo fluxo de trabalho digital;
- ✓ Câmaras digitais modernas e ferramentas analíticas melhoradas, que fornecem maior flexibilidade e eficiência para medições fotogramétricas (Jiang et al. 2008).

A fotogrametria tem sido considerada uma abordagem clássica e dominante para o mapeamento estável e exato a uma escala moderada (1:5 000 a 1:50 000), essencialmente mapeamento topográfico. No entanto, a precisão obtida e a resolução real da imagem pode não atender às exigências de modelação de um edifício histórico (milímetro a centímetro) (Xiao et al. 2007). Pode então concluir-se que esta tecnologia é apenas fiável para um mapeamento topográfico com escalas moderadas.

### **3.3. Level of development (LOD)**

A GSA - General Services Administration (2009), afirma que o nível de desenvolvimento (*Level of Development - LOD*) está diretamente relacionado com a complexidade do elemento à quantidade de informação para a sua respetiva modelação e ao tipo de documento da edificação a ser gerado.

Assim, a funcionalidade *BIM* exige dos objetos e/ou elementos constituintes, uma determinada precisão no que diz respeito à riqueza de informação e realidade dos dados subjacentes para cumprir os seus fins. O *level of development* é um conceito que aborda o fato de que os elementos do modelo se desenvolvem em diferentes etapas durante o processo de desenho. *LOD* descreve o desenvolvimento relativo dos elementos do modelo desde a conceção até à construção. Localizar um elemento nesta escala evolutiva indica o quanto pode ser invocado para fins de tomada de decisão. E na indústria, este conceito auxilia na comunicação e coordenação entre as diversas partes interessadas (Hassel & Ollmann 2013).

No entanto, e como foi abordado no capítulo 3.2.1.1 parece existir uma correlação entre *Level of Development (LOD)* e *Level of Detail (LoD)* porque, à medida que o desenho dos elementos se vai desenvolvendo, cada vez mais, e de forma progressiva, a forma geométrica e gráfica deixa de ser o elemento determinante, mas sim toda a informação que o constitui. Na verdade, o detalhe gráfico crescente de um elemento é frequentemente usado para ilustrar o *LoD*. No entanto, isso pode confundir os dois conceitos (Hassel & Ollmann 2013). Essencialmente, o *Level of Detail* é utilizado para classificar o nível de detalhe gráfico associado ao elemento do projeto, enquanto que o *Level of Development* é utilizado para classificar a quantidade e tipo de informação anexadas ao elemento (BIMForum 2016).

Sendo o *BIM* desenvolvido desde o projeto preliminar até aos modelos finais de pós-construção, o *LOD* é a quantidade de informação e geometria fornecida pelo autor do conteúdo ou por outro participante do projeto. O *LOD* para um modelo *BIM* deve corresponder às necessidades do modelador, do engenheiro projetista, e dos orçamentistas. O *LOD* identifica a quantidade de informação que é conhecida sobre um elemento do modelo num determinado momento (Figura 10). A quantidade de informação cresce à medida que o projeto se aproxima da conclusão (Pinho 2015).

LOD 100 Conceptual	LOD 200 Approximate geometry	LOD 300 Precise geometry	LOD 400 Fabrication	LOD 500 As-built
				
O ELEMENTO DO MODELO PODE SER REPRESENTADO GRÁFICAMENTE NO MODELO COM UM SÍMBOLO OU OUTRA REPRESENTAÇÃO GENÉRICA, MAS NÃO SATISFAZ OS REQUISITOS PARA O LOD 200. INFORMAÇÕES RELACIONADAS AO ELEMENTO DO MODELO PODEM SER DERIVADAS DE OUTROS ELEMENTOS DO MODELO.	O ELEMENTO DO MODELO É REPRESENTADO GRÁFICAMENTE NO MODELO COMO UM SISTEMA GENÉRICO, OBJETO COM CONJUNTO DE QUANTIDADES APROXIMADAS, TAMANHO, FORMA, LOCALIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO.  INFORMAÇÕES NÃO GRÁFICAS TAMBÉM PODEM SER ANEXADAS AO ELEMENTO DO MODELO.	O ELEMENTO DO MODELO É REPRESENTADO GRÁFICAMENTE NO MODELO COMO UM SISTEMA ESPECÍFICO, OBJETO OU CONJUNTO PRECISO EM TERMOS DE QUANTIDADE, TAMANHO, FORMA, LOCALIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO.  INFORMAÇÕES NÃO GRÁFICAS TAMBÉM PODEM SER ANEXADAS AO ELEMENTO DO MODELO.	O ELEMENTO DO MODELO É REPRESENTADO GRÁFICAMENTE NO MODELO COMO UM SISTEMA, OBJETO OU CONJUNTO ESPECÍFICO QUE É PRECISO EM TERMOS DE QUANTIDADE, TAMANHO, FORMA, LOCALIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO COM DETALHES, FABRICAÇÃO, MONTAGEM E INFORMAÇÕES DE INSTALAÇÃO.  INFORMAÇÕES NÃO GRÁFICAS TAMBÉM PODEM SER ANEXADAS AO ELEMENTO DO MODELO.	O ELEMENTO DO MODELO É UMA REPRESENTAÇÃO VERIFICADA NO CAMPO ACRESCIDADA EM TERMOS DE TAMANHO, FORMA, LOCALIZAÇÃO, QUANTIDADE E ORIENTAÇÃO.  INFORMAÇÕES NÃO GRÁFICAS TAMBÉM PODEM SER ANEXADAS AO ELEMENTO DO MODELO.

Figura 10 - Descrição sumária do Level of Development (LoD) (Adaptado:Hassel &amp; Ollmann 2013 )

O *LoD* é um conceito que se interliga perfeitamente com projetos de edifícios existentes ou mais especificamente em edifícios históricos, na medida em que, com este conceito torna-se possível categorizar em níveis o desenvolvimento dos elementos com base no tipo e quantidade de informação armazenada no respetivo elemento, permitindo desta forma, uma organização de dados mais coerente no âmbito da *O&M*. Porém, o desafio deste conceito aplicado ao património histórico, está no reconhecimento da informação e dados para o desenvolvimento destes objetos de acordo com o nível de desenvolvimento desejado: *LoD* 300, 400 e 500. A possibilidade de contar com elementos contendo as mais diversas tipologias de informação, permitirá não só garantir operações de manutenção com menor risco e melhor tomada de decisões, assim como, também permitirá desenvolver um sistema de gestão do ciclo de vida do edifício, garantindo os mais altos níveis padrão na sua conservação e manutenção.

### 3.4. Modelação Paramétrica em BIM

Esta fase da metodologia, segue uma abordagem diferente à que era tradicionalmente aplicada, na medida em que agora, com o modelo geométrico tridimensional gerado, aplica-se a tecnologia *BIM* que permite não só criar um modelo geométrico, onde é possível a visualização e animação em *3D*, a produção automática de documentos digitais (plantas, cortes, alçados, projeções etc.), mas também constituir um modelo gerado por objetos paramétricos. Estes

objetos paramétricos (janelas, portas, paredes, telhado, etc.) armazenam todos os atributos funcionais e essenciais, e interagem não como um só elemento, mas como um sistema totalmente integrado (Dore & Murphy 2012). A tecnologia *BIM* aplicada a um modelo histórico permite a representação virtual do edifício real, e ainda a representação física e funcional de cada objeto construtivo, contribuindo assim, para uma forma mais fiável de tomada de decisões, relativas às intervenções e manutenção de um edifício.

As propriedades entram em jogo em diferentes fases do ciclo de vida do edifício. Os diferentes elementos do sistema têm as suas próprias propriedades, para os diferentes tipos de comportamentos sejam eles, estruturais, térmicos, mecânicos, elétricos etc. Sendo que, no final da construção, essas propriedades passam a fornecer informações para passar os dados para as operações de manutenção (Eastman et al. 2011).

O *BIM* fornece ainda os meios para gerir e integrar essas propriedades ao longo do ciclo de vida do projeto. No entanto, as ferramentas para criar e gerir a informação do projeto de um edifício existente só agora estão a começar a ser desenvolvidas e integradas em ambientes *BIM*.

A modelação dos objetos paramétricos é uma das componentes mais importantes da modelação em *BIM*, na medida em que a modelação *BIM* é uma modelação de informação em objetos, sendo portanto necessário atribuir a todos os objetos que constituem um determinado modelo geométrico de um edifício, toda a informação detalhada no que diz respeito aos materiais utilizados, processos construtivos, detalhes históricos e pormenorização, isto é, toda a informação que contribua para uma acessível gestão de informação, para qualquer intervenção e/ou manutenção. A quantidade de informação atribuída aos objetos será o fator determinante do nível de desenvolvimento a atingir, abordado no capítulo 3.3.

O facto de, atualmente a informação relativa aos edifícios históricos, aos processos construtivos e à sua historia se encontrar em geral num estado incompleto ou fragmentado (Volk et al. 2013), faz com a gestão do edificado histórico seja ineficaz, sem existir uma metodologia adequada para se efetuar. Ora, esta é uma das características da utilização do *BIM* no património histórico, na medida em que permite digitalizar e modelar toda a informação construtiva e histórica constituinte de uma determinada edificação, permitindo ainda, em qualquer altura, fazer atualizações da informação, sem pôr em causa a perda de informação e conteúdo.

O *BIM* é uma tecnologia cuja utilização já se encontra globalmente generalizada, onde nas construções novas, os programadores de *softwares BIM* já garantem bibliotecas das mais variadas famílias de objetos tanto de arquitetura, estrutura e equipamentos. No entanto, a sua aplicação em edifícios de património histórico é algo cujo estudo ainda está numa fase muito

imatura. Isto é um inconveniente, na medida em que os fabricantes de software *BIM* não estão preparados para o reconhecimento do *BIM* como uma ferramenta aplicável ao património histórico. Contudo, sendo a singularidade e pormenorização elementos descritivos do património histórico, vários autores defendem a utilização do conceito *HBIM*, *Historical Building Information Modelling* para dar resposta ao processo complexo de modelação de objetos do edificado histórico.

### **3.4.1. Historical Building Information Modelling (HBIM)**

O *HBIM* é um conceito que se centra no estudo da aplicação do *BIM* ao património histórico, mais concretamente ao edificado existente, e que tem como fundamento o levantamento e modelação de edifícios com elevada complexidade geométrica e arquitetónica, recorrendo a determinadas técnicas e métodos de levantamento. Contudo, a ramificação de estudos no âmbito do *HBIM* é extensa e como tal, neste documento, será unicamente apresentado o estudo do *HBIM* enquanto uma ferramenta auxiliar e integrada da modelação a partir de *point clouds*.

Recentemente, o registo de locais históricos, tem-se tornado cada vez mais objeto de estudo como resultado do uso generalizado do varrimento a laser e fotogrametria. O *HBIM* tornou-se uma ferramenta reconhecida e que pode ser uma ferramenta útil na conservação de edifícios históricos., e é definido como um sistema de modelação de estruturas históricas a partir de dados obtidos por *laser scanning* e fotogrametria. Em geral, o processo de implementação do *HBIM* envolve uma solução de engenharia inversa através da qual os objetos paramétricos que representam os elementos arquitetónicos são mapeados em dados de levantamento laser ou fotogramétricos (Dore & Murphy 2012; Murphy et al. 2009; Khodeir et al. 2016).

Ao documentar pormenores históricos, os arquitetos formularam uma linguagem segundo a qual as regras que governam a distribuição e a combinação de partes dos pormenores construtivos, resultam de uma gramática de ornamento e composição. Os elementos (molduras, perfis, símbolos, etc.) tornam-se assim, o vocabulário arquitetónico de toda a composição que se refere a uma estrutura linguística. Esta analogia linguística deu então origem a uma arquitetura base para a crítica e compreensão (Clarke & Crossley 2000).

Os dados relativos às técnicas de construção histórica e detalhes arquitetónicos podem ser encontrados em manuscritos arquitetónicos que evoluíram desde Vitruvius até os Livros de Padrões Arquitetónicos do século XVIII. Estes livros contêm as técnicas de construção histórica utilizadas no século XVIII, tais como: geometria e princípios da estrutura externa e interna e construção de tecido; Posicionamento de aberturas; Relação proporcional dos elementos do

edifício, etc. Estes dados são relevantes para o desenvolvimento dos elementos arquitetônicos, como se pode verificar a título de exemplo na Figura 11.

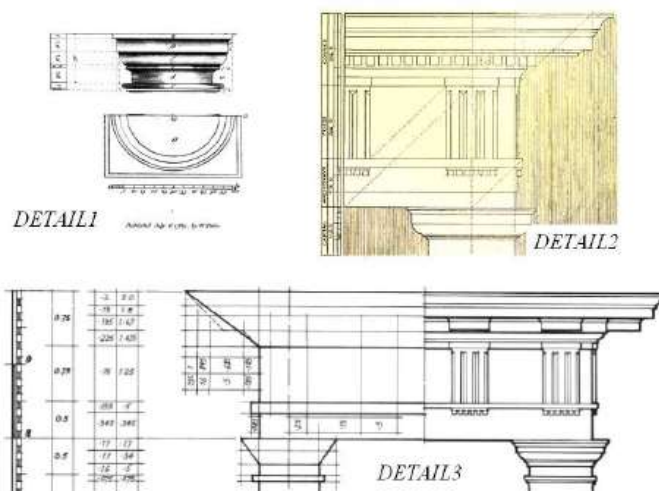


Figura 11 – Detalhes arquitetônicos (Fonte: Murphy et al. 2011)

O mapeamento de objetos vetoriais paramétricos sobre a nuvem de pontos pode superar a tarefa lenta de traçar e localizar cada vetor na superfície da nuvem de pontos, onde esses mesmos objetos poderão também possibilitar a oportunidade de se desenvolver detalhes, sobre os métodos de construção e composição do material. Dentro do *HBIM*, a biblioteca de objetos paramétricos é projetada para as plataformas de modelação existentes, com a adição de um conjunto de procedimentos e uma estrutura de mapeamento desses objetos em nuvem de pontos e pesquisas baseadas em imagens.

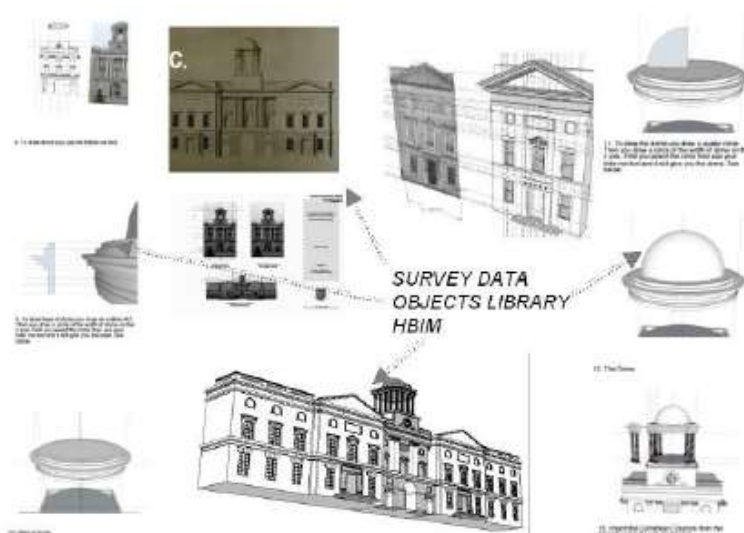


Figura 12 - Biblioteca de objetos *HBIM* (Fonte: Murphy et al. 2011)

Por fim, o fluxograma da Figura 13, descreve a metodologia proposta para o *HBIM* na aplicação a edifícios históricos. Este processo envolve as seguintes etapas: (1) recolha e processamento

de dados de levantamento *laser scanning* / fotogrametria; (2) Identificação de detalhes históricos com base em livros de arquitetura; (3) Construção dos componentes / objetos históricos paramétricos; (4) Mapeamento dos objetos paramétricos no projeto e (5) Produção dos desenhos finais. O produto final é a criação de modelos completos, tridimensionais, incluindo todos os detalhes do objeto no que diz respeito aos seus métodos de construção e materiais que o compõem. Além disso, o *HBIM* produz automaticamente desenhos completos de engenharia para a conservação da estrutura que inclui, documentação 3D, projeções ortográficas, seções, detalhes e cronogramas, agregando essa mesma informação à nuvem de pontos (Murphy et al. 2011).

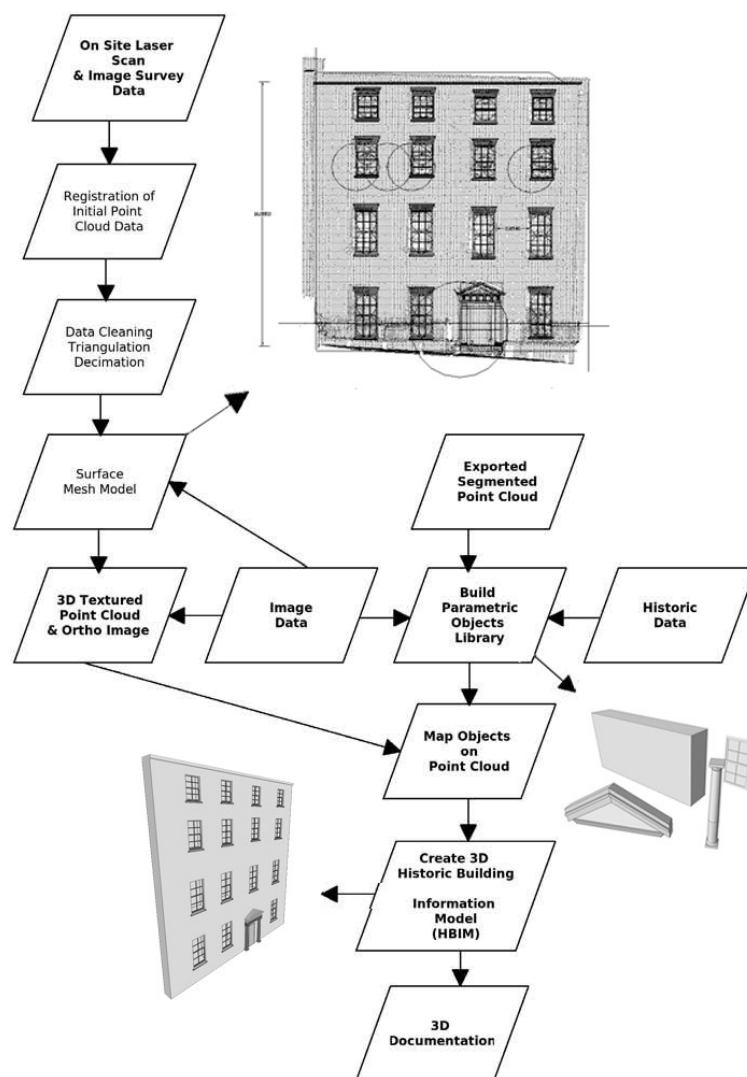


Figura 13 – Fluxograma do Historical Building Information Modelling (Adaptado: Murphy et al. 2009)

### 3.4.2. Parâmetros no Revit

A contextualização do *BIM* enquanto ferramenta de modelação de informação de um projeto, é tão eficaz quanto a sua capacidade de organização de informação paramétrica. Pode assim



afirmar-se que os parâmetros representam o “i” de informação no *BIM*, no sentido que representam os elementos que armazenam as informações e que podem ser agendadas e/ou exportadas para outras aplicações enquanto propriedades de um objeto (por exemplo a altura de uma parede ou largura de uma porta). Torna-se assim, não só necessário compreender o funcionamento dos parâmetros no *Revit*, mas, acima de tudo, compreender como se pode fazer uso destes parâmetros na gestão do património histórico.

Para tal, abordar-se-á o conceito dos parâmetros e os respetivos tipos existentes e a sua função na metodologia *BIM*.

#### 3.4.2.1. Tipos de Parâmetros

Os parâmetros são espaços reservados a dados e informações, e por essa mesma razão deverão ter nomes descritivos (*Asset Tag*, código de construção, número de série, etc.). O *Revit* inclui inúmeras famílias, como paredes, portas, janelas, etc., e todas essas famílias incluem parâmetros com capacidade de gerar cronogramas numa fração do tempo que demoraria aos sistemas *CAD* tradicionais. Uma das particularidades do *Revit* é a sua capacidade para poder adicionar parâmetros às famílias que o acompanham, ou criar novas famílias com os seus próprios parâmetros o que garante ao modelo *BIM* uma diversificação significativa na sua área de atuação, permitindo não só armazenar a informação gerada pelo próprio *Revit*, mas também armazenar outras especialidades de informação apropriadas tendo em consideração o objetivo do projeto. Para se compreender a utilidade e aplicação destes parâmetros, tem que se conhecer os tipos de parâmetros existentes e as suas funcionalidades (Figura 14).

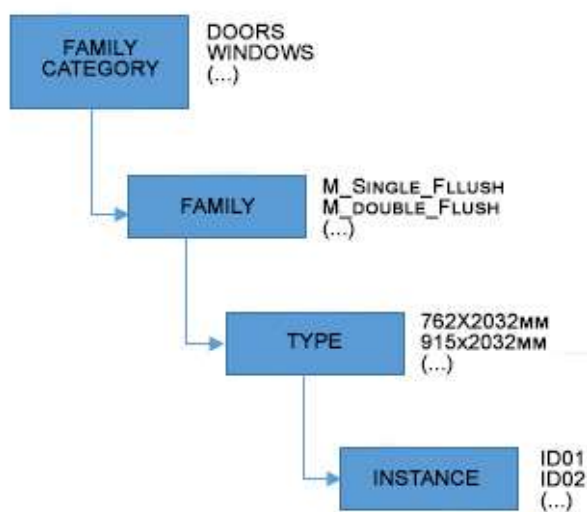


Figura 14 - Tipologias de parâmetros no Revit (a título de exemplo foi utilizado o elemento Porta)

### ✓ *Type Parameter*

O *Type Parameter* é comum a um tipo de porta onde as propriedades desse item são iguais para todas as ocorrências desse recurso – e.g. uma determinada família de objeto de uma porta “M\_Single\_Flush” pode referir-se a um tipo de porta simples de interior constituída pelas dimensões 762x2032 mm (largura x altura) como também pode referir-se à mesma porta, mas com dimensões diferentes, como por exemplo 915x2032 mm (Figura 15). O *type parameter* pode conter inúmeras configurações e propriedades específicas a cada família de objetos.

The screenshot shows the 'Type Properties' dialog box for a door. At the top, the 'Family' is set to 'M\_Single\_Flush' and the 'Type' is '0762 x 2032mm'. Below this, there are buttons for 'Load...', 'Duplicate...', and 'Rename...'. The main section is a table of 'Type Parameters' with columns 'Parameter' and 'Value'.

Parameter	Value
<b>Construction</b>	
Function	Interior
Wall Closure	By host
Construction Type	
<b>Materials and Finishes</b>	
Door Material	Door - Panel
Frame Material	Door - Frame
<b>Dimensions</b>	
Thickness	0.0510
Height	2.0320
Trim Projection Ext	0.0250
Trim Projection Int	0.0250
Trim Width	0.0760
Width	0.7620
Rough Width	
Rough Height	
<b>Analytical Properties</b>	
Visual Light Transmittance	0.000000
Thermal Resistance (R)	0.2701 (m²·K)/W

At the bottom of the dialog are buttons for '<< Preview', 'OK', 'Cancel', and 'Apply'.

Figura 15 - Interface de um *Type Parameters* de uma porta

### ✓ *Instance Parameter*

Um *instance parameter* representa um item da biblioteca que se encontra instalado no projeto onde as respetivas propriedades desse recurso são exclusivas da sua instalação – e.g. quando se coloca a porta do tipo “M\_Single\_Flush” numa parede do *Revit*, a porta individual é uma instância do tipo da porta “M\_Single\_Flush”. A instância dessa porta possui as suas próprias propriedades e identificação (Figura 16).

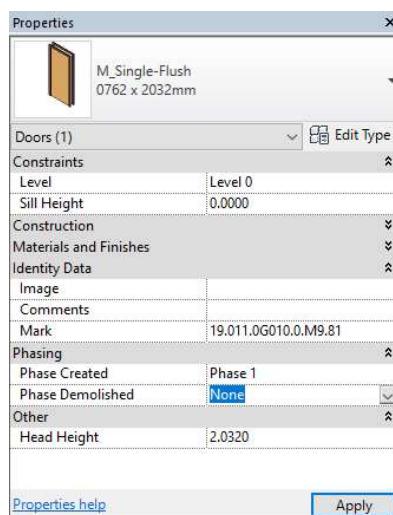


Figura 16 - Interface de *Instance Parameters* de uma porta

### ✓ *Shared Parameters e Project Parameters*

O Revit também possui *Shared Parameters* e *Project Parameters*. Os *Project Parameters* são específicos de um único arquivo do projeto. São adicionados a elementos, atribuindo-os a várias *categories* de elementos, folhas ou visualizações. As informações armazenadas nos parâmetros não podem ser partilhadas com outros projetos. Sendo usados essencialmente para a programação, classificação e filtragem num projeto.

Os *Shared Parameters* por sua vez, são ser armazenados num arquivo externo e usados em muitos projetos. São definições de parâmetros que podem ser usados em várias famílias ou projetos, dado que por defeito um *Shared Parameters* é armazenado num arquivo separado (não no projeto ou família), sendo protegido contra qualquer alteração.

Como o *software Revit* não foi especialmente projetado para a gestão de património histórico (prevê a gestão de novas construções, mas não de edifícios já construídos), tornou-se necessária a criação de parâmetros diretamente ligados à gestão/manutenção deste tipo de edifícios, onde se consiga armazenar a informação necessária aos respetivos gestores e a todos os intervenientes que a necessitem de consultar. Os *Shared Parameters* vêm dar resposta a essa necessidade de armazenamento de dados não normalizado pelo próprio *software*, tornando assim a aplicação destes parâmetros bastante significativa.

Vejamos na secção 3.4.2.2, o procedimento para a atribuição de *Shared Parameters* a uma determinada família (a título de exemplo, suponhamos o utilizado na família Porta).

### 3.4.2.2. Aplicação dos *Shared Parameters*

- I. Na interface inicial do *software Revit*, no *Ribbon* (consultar Figura 17) existe uma aba denominada por “*Manage*”, onde poderão ser consultadas todas as informações relativamente aos *shared parameters* e *project parameters*.

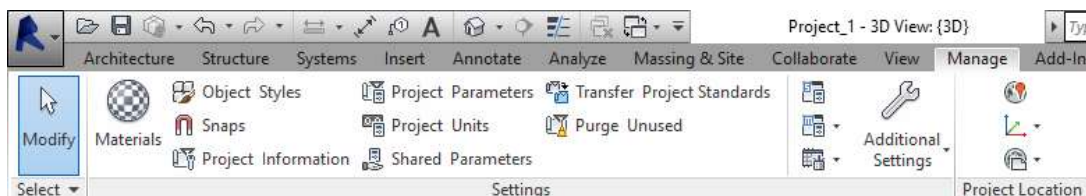


Figura 17 - Manage Ribbon

- II. Aquando da abertura da opção *shared parameters*, uma das particularidades a ter em consideração é que, como já fora referido no capítulo 3.4.2.1, os *shared parameters* são trabalhados através de um ficheiro independentemente ao *Revit*, um ficheiro *.txt*. Esse ficheiro por definição tem de ser criado e guardado junto ao projeto. Após isso, procede-se à criação do grupo ao qual vai pertencer. Neste caso particular, o intuito é a gestão e manutenção do património histórico, e para isso, foi criado o grupo “Manutenção/Inspeção”, e os respetivos parâmetros.

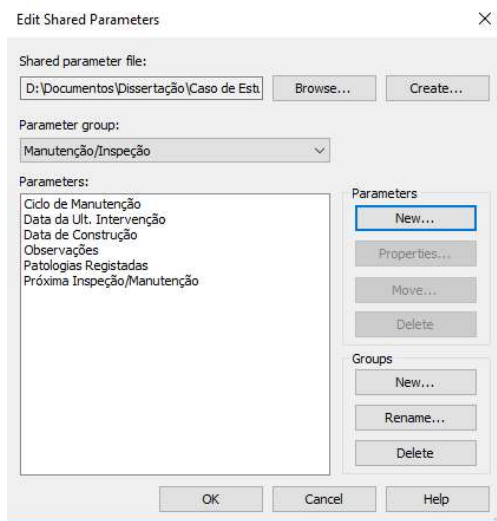


Figura 18 - Editar *Shared Parameter*

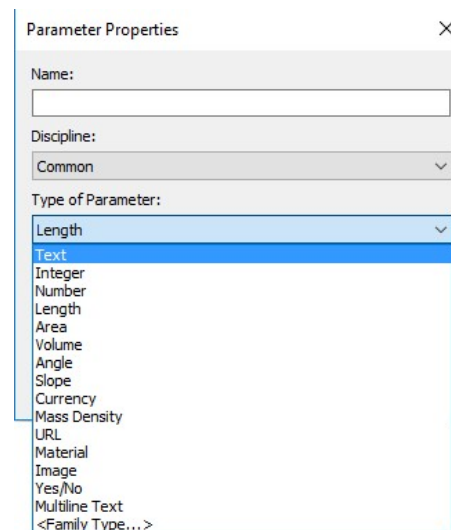


Figura 19 - Criar *Shared Parameter*

Um outro fator a ter em consideração é o “*Type of Parameter*”, esta opção diz respeito ao tipo de parâmetro que se está a criar. Para melhor se entendermos a utilidade de cada um dos elementos abordam-se os respetivos tipos:

Tabela 7 - Tipos de *Shared Parameters*

<b>Tipo de Parâmetro (Parameter Type)</b>	<b>Função</b>
<b>Texto (Text)</b>	Este tipo representa uma “string” de texto breve.
<b>Inteiro (Integer)</b>	Este tipo representa um número inteiro, positivo ou negativo.
<b>Número (Number)</b>	Este tipo representa um número real, incluindo decimais.
<b>Comprimento (Length)</b>	Este tipo de parâmetro representa um comprimento. A representação interna será em <i>decimal feet</i> . A representação visível do utilizador estará no sistema de unidades que o utilizador escolheu.
<b>Área (Area)</b>	Este tipo de parâmetro representa uma área. A representação interna será em <i>decimal square feet</i> . A representação visível do utilizador estará nas unidades que o utilizador escolheu.
<b>Volume (Volume)</b>	Este tipo de parâmetro representa um volume. A representação interna será em <i>decimal cubic feet</i> . A representação visível do utilizador estará nas unidades que o utilizador escolheu.
<b>Ângulo (Angle)</b>	Este tipo de parâmetro representa um ângulo. A representação interna será em radianos. A representação visível do utilizador estará nas unidades que o utilizador escolheu.
<b>Inclinação (Slope)</b>	Este tipo de parâmetro representa uma inclinação. A representação interna será em percentagem. A representação visível do utilizador estará nas unidades que o utilizador escolheu.
<b>Moeda (Currency)</b>	Este tipo de parâmetro representa uma €. A representação interna será em euros. A representação visível do utilizador estará nas unidades que o utilizador escolheu.
<b>Peso Volumico (Mass Density)</b>	Este tipo de parâmetro representa um peso volúmico. A representação interna será em kg/m <sup>3</sup> . A representação visível do utilizador estará nas unidades que o utilizador escolheu.
<b>URL</b>	Endereço da Web.
<b>Material</b>	O valor desta propriedade é considerado como um material.
<b>Imagem (Image)</b>	O valor deste parâmetro é o ID de uma imagem.
<b>Sim/Não (Yes/No)</b>	Um valor “bool” representado como Sim ou Não.
<b>Texto Longo (Multiline Text)</b>	Este tipo representa uma “string” de texto longo.
<b>Tipo de Família (Family Type)</b>	Este tipo de parâmetro é usado para controlar o tipo de uma família interligada dentro de outra família.

(Fonte: Autodesk Revit Knowledge Network)

**Nota:** A importância do tipo de *shared parameter* vai-se traduzir com maior ênfase na seção 4.1.1, no modelo de gestão do património histórico.

- III. Após a criação dos parâmetros, há que associar esses mesmos parâmetros ao *Project Parameters* de forma a poder interligar esses parâmetros com os elementos constituintes do projeto. Como se pode verificar na Figura 20, esta interface é a responsável por associar os *shared parameters* aos elementos (arquitetura, estrutura e/ou MEP). Dentro

desta interface, selecciona-se no campo “select” o *shared parameter* que se criou anteriormente e escolhe-se a categoria do elemento que se quer associar, podendo ainda restringir a *category* por “type” ou “instance”.

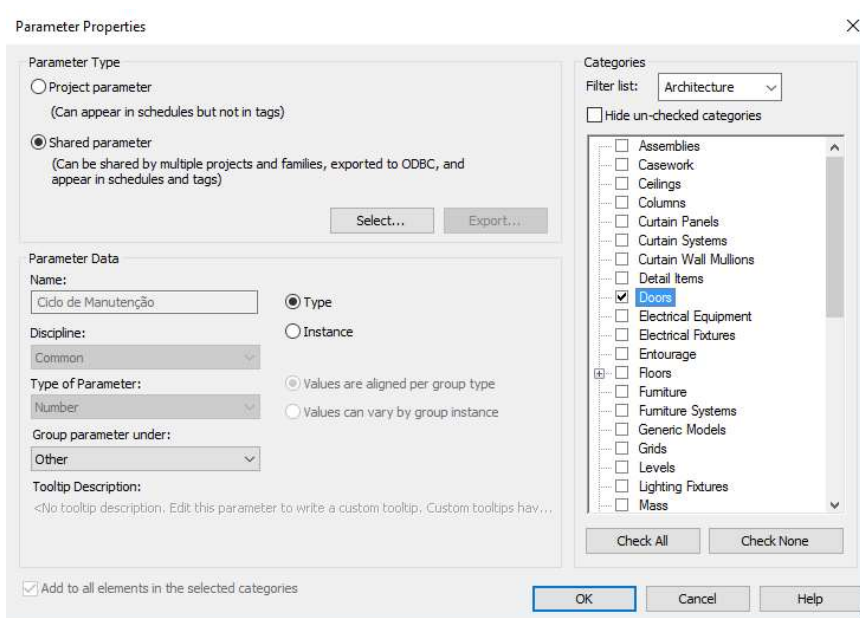


Figura 20 – Associar o *Shared Parameters* aos elementos do projeto

IV. Como resultado final, o *shared parameter* “Ciclo de Manutenção” encontra-se agora associado ao elemento.

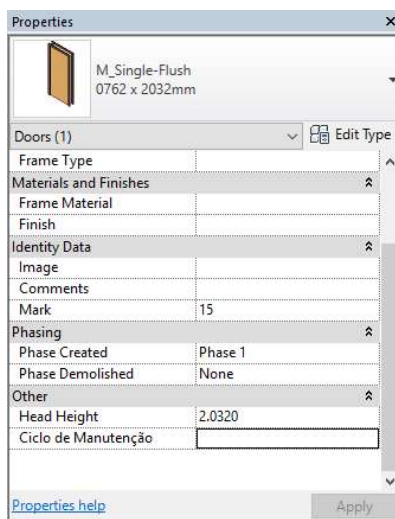


Figura 21 - Resultado final da aplicação dos *shared parameters*

A aplicação prática deste tipo de parâmetros (*Shared Parameters*) no *Revit* revelou ser importante na aplicação do *BIM* na gestão do património histórico, numa área onde poucos estudos tinham revelado progresso. Surge aqui um elemento chave que traduz a capacidade da implementação num modelo de gestão automatizado. Não só pela simples questão de poder

adaptar o tipo de parâmetros para dar resposta ao tipo de necessidades no âmbito da *O&M* do património histórico, mas também pela capacidade de exportação destes mesmos dados para uma base de dados externa.

Surge assim, a necessidade de explorar a integração da informação desses parâmetros num modelo de gestão interativo e intercooperativo, de forma a poder integrar todo o tipo de informação e dados gerados pelo modelo *BIM*, numa plataforma de gestão.





# *Capítulo 4*

---

*Modelo de Gestão do Património*

*Histórico*



#### 4. Modelo de Gestão do Património Histórico

No que diz respeito à modelação de informação paramétrica, é importante referir as funcionalidades do *BIM*, como uma parte integrante dum sistema mais complexo, que requer uma adequada estrutura informativa e de constante troca de dados com o modelo, garantindo assim a interoperabilidade necessária. Quando se menciona a estrutura informativa, há que ter particular atenção ao output de informações que acompanham o modelo *BIM*. Baik & Boehm (2016) afirmam que existe uma grande necessidade de criação de uma metodologia de gestão integrada dos edifícios históricos visando a sua preservação e manutenção, tendo como base a informação que permite decidir quais os edifícios com necessidade de intervenção, manutenção e demolição.

Existe, contudo, a necessidade de também se analisar como poderá um sistema de informação ser integrado num modelo *BIM* e como é feita a interação entre o sistema de dados e o modelo. Na Figura 22 apresenta-se o diagrama esquemático proposto que se desenvolveu no âmbito da presente dissertação, representando a interligação do *BIM* a um sistema de dados e consequentemente a uma plataforma web.

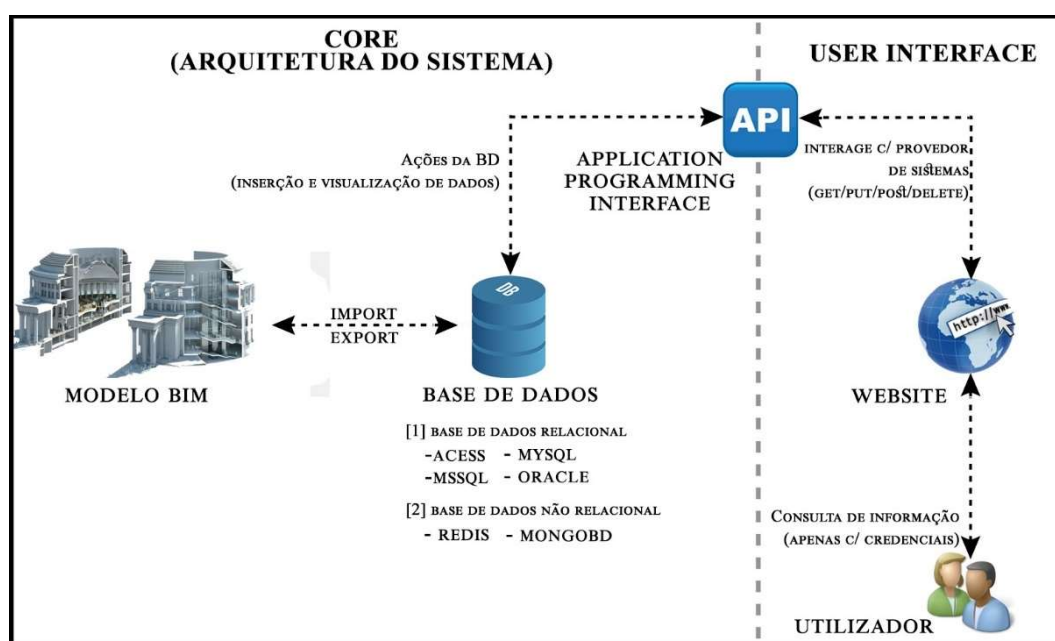


Figura 22 – Esquema de desenvolvimento do modelo proposto de gestão do património histórico

Este modelo, baseia-se num sistema que se sustenta numa estrutura organizacional e funcional, visando a sustentabilidade e automatização da gestão de património histórico, subdividindo-se sobre duas estruturas bases, o *Core* e *User Interface*. Ir-se-á analisar o seu esquema estrutural,

qual o âmbito de cada uma destas bases e os respetivos objetivos para o desenvolvimento de um modelo de gestão.

#### **4.1. Arquitetura do sistema (Core)**

Esta componente representa o núcleo de funcionamento do sistema, e é a parte constituinte, onde será criada, fornecida e atualizada, toda a informação e dados que se disponibilizam às partes interessadas. A melhor forma de compreender o funcionamento do *Core*, é percebendo os mecanismos envolvidos e as respetivas funções, nomeadamente, no que diz respeito ao modelo *BIM* à base de dados e à *API*, tendo sempre em consideração que este sistema funciona como um conjunto e não individualmente, como se pode confirmar na Figura 22.

##### **4.1.1. Modelo BIM**

Como já foi referido, a metodologia *BIM* é um dos elemento chave da aplicação deste sistema no âmbito da gestão do património histórico, sendo uma das suas particularidades a sua capacidade de exportação e importação de dados. Todavia, apesar desta vantagem, vários autores nunca conseguiram atingir progressos significativos nesse sentido, na medida em que apesar da vasta quantidade de informação acessível ao utilizador com a exportação/importação de dados, nada é possível concretizar com essa informação se não existe um sistema responsável pela sua catalogação e organização.

O *Revit* da *Autodesk* é um dos *softwares BIM* que possui a capacidade de exportação/importação da informação de um determinado projeto, com recurso ao *DBLink (Database Link)*. Este *plug-in* desenvolvido pela *Autodesk®*, têm como objetivo exclusivo a importação/exportação de dados do *Autodesk Revit*, para uma base de dados externa, podendo esta ser do formato *Excel*, *Access*, *MSSQL*, *MySQL*, *Oracle*, *MongoBD*, *Redis* ou de outro software de gestão de dados.

Este *plug-in* no que diz respeito as suas respetivas funcionalidades permite (Autodesk 2016):

- ✓ Exibição dos dados em grelha, permitindo a edição de dados antes da importação;
- ✓ As bases de dados podem ser atualizadas após alterações internas ou externas;
- ✓ O controlo das grelhas permite criar *shared parameters* do *Revit* para adicionar novos campos às tabelas relacionais na base de dados;
- ✓ As alterações aos novos campos na base de dados atualizam automaticamente os *shared parameters* do *Revit* em futuras importações.

Será de seguida exemplificado o processo faseado da exportação/importação com recurso ao *plug-in DBLink*:

- I. **Exportação de dados de um projeto** – Após a conclusão de um projeto em *BIM*, modelado com toda a informação paramétrica torna-se necessário a exportação dessa mesma informação para uma base de dados. O *DBLink* por norma estabelece as seguintes origens de armazenamento dos dados como se pode consultar na Figura 23, *dbase files* (correspondente ao *MSSQL* ou *MySQL*), *Excel* ou *MS Access*, ficando ao critério do utilizador determinar qual o sistema de gestão de dados a optar.

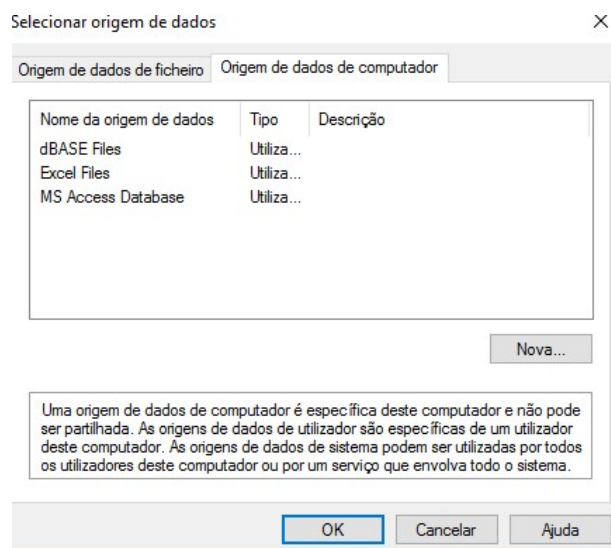


Figura 23 - Origem de dados normalizado pelo *plug-in DBLink*

- II. **Importação de dados de um projeto** – Com as alterações efetuadas na informação do projeto, torna-se evidente a sua modificação no modelo *BIM*, por forma a mantê-lo constantemente atualizado. Assim sendo, o *plug-in* possui igualmente um parâmetro de importação de dados, que permite a seleção da base de dados, detetando automaticamente os parâmetros que foram sujeitos a alterações e o resultado da sua importação (Figura 24), conforme se pode verificar na Figura 25, onde se efetuou, como exemplo, uma alteração a um objeto da tabela *Door*, modificando o parâmetro *Comments* com o texto – “**Comentário\_001**”.

**Legenda**

Aparência	Significado
Azul	Atualizado com êxito
Vermelho	Falha na atualização
Fúcsia	O parâmetro correspondente é de somente leitura
Violeta escuro	O parâmetro correspondente não existe
Violeta	O valor está vazio
Cinza	O valor não tem uma alteração
Amarelo	Exceção
Laranja	Desconhecido
Linhas que falharam em serem adicionadas	Linhas que falharam em serem adicionadas
Linhas que foram adicionadas com êxito	Linhas que foram adicionadas com êxito

Figura 24 - Legenda do resultado do relatório de Importação

**Doors**

Id	TypeId	PhaseCreated	PhaseDemolished	DesignOption	Comments	HostId	Level
377130	403079	86961	(null)	(null)	(null)	319941	311
400043	411469	86961	(null)	(null)	(null)	320214	311
410611	411156	86961	(null)	(null)	(null)	319941	311
417270	418842	86961	(null)	(null)	(null)	313658	311
425958	49488	86961	(null)	(null)	Comentário_001	335583	311
458608	458790	86961	(null)	(null)	(null)	338939	311

Figura 25 - Resultado da importação da tabela *Doors* adicionando um dos parâmetros à coluna *Comments*

O resultado da importação de dados a partir duma base de dados será integrado diretamente no modelo *BIM*, salvo quando o resultado de importação não é bem-sucedido.

As aplicações práticas deste *plug-in* foram exploradas de forma a servir de ponte de ligação entre o modelo *BIM* e o modelo de gestão. Esta ligação, não só permitirá reduzir (ou até mesmo erradicar), a perda de informação ao longo do todo o ciclo de vida do edifício, como também garantir uma atualização constante da informação entre o utilizador e o modelo *BIM*. Este *plug-in* tem a particularidade da sua direta ligação com os *Shared Parameters* explicados na secção 3.4.2.2. Como foi explicado, a particularidade dos *shared parameters* é a sua capacidade de ser exportado para uma base de dados externa ao modelo *BIM*, sobre os mais variados tipos de parâmetros (texto, números, data, dimensões etc.), e todos eles editáveis nas bases de dados, o que possibilita as mais diversas abordagens de parâmetros no âmbito da *O&M*, podendo estes diversificar de projeto para projeto, consoante as necessidades dos utilizadores.

De seguida ir-se-á explicar a temática das bases de dados como etapa de tratamento de dados do modelo *BIM* e a respetiva ligação com os *shared parameters*.

#### 4.1.2. Base de dados

Por definição, uma base de dados é uma ferramenta de recolha, armazenamento e organização de dados, um repositório de informação relacionada com determinado assunto ou finalidade, ou seja, é uma coleção de dados ou itens de informação, estruturados de determinada maneira que permita a sua consulta, atualização e outros tipos de operações processadas por meios informáticos.

Muitas das bases de dados começam por ser uma lista num programa de processamento de texto ou uma folha de cálculo. À medida que essa lista vai aumentando, começam a aparecer inconsistências e repetições nos dados. Os dados tornam-se cada vez mais difíceis de compreender e as formas para efetuar pesquisas ou selecionar subconjuntos de dados para revisão são limitadas. O sistema de gestão de base de dados torna-se assim a solução do problema. Um Sistema de Gestão de Bases de Dados é o software que gere o armazenamento, manipulação e pesquisa dos dados existentes na base de dados, funcionando como uma interface entre as aplicações e os dados necessários para a execução dessas aplicações (exemplos: *Oracle Server*, *Microsoft SQL Server*, *Access MongoDB*, *Redis* etc.). Algumas vantagens da tecnologia de bases de dados são:

- ✓ Integração de dados de suporte a múltiplas aplicações;
- ✓ Diminuição de redundâncias<sup>3</sup>;
- ✓ Integridade dos dados;
- ✓ Facilitar a pesquisa;
- ✓ Aumentar a flexibilidade das aplicações (independência dos dados relativamente aos programas).

Numa base de dados a informação encontra-se estruturada, auxiliando assim na acessibilidade e longevidade da informação, que de outra forma não faria sentido para o utilizador num dado momento e, assim, poderá ser útil para outros utilizadores num período mais longo de tempo. Uma base de dados pode ter diversos modelos que definem como a informação é organizada internamente. O mais comum é o modelo hierárquico, em que cada registo possui uma única entidade, não podendo um registo possuir mais que uma entidade. Já o modelo em rede, que é idêntico ao modelo hierárquico, mas cada registo pode possuir mais que uma entidade. No modelo relacional é definida para cada tipo de entidade uma tabela, e para cada atributo de uma

---

<sup>3</sup> Repetição não necessária de dados

entidade uma coluna na tabela. As entidades em si são colocadas em linhas na tabela correspondente, com o valor de cada atributo na respetiva coluna (Coelho 2011).

Existem vários *softwares* de gestão de bases de dados e, consequentemente, um dos desafios foi a compreensão do melhor sistema a adotar para atingir os objetivos propostos neste trabalho. Contudo, foi concluído que na escolha do sistema de gestão adequado há que ter em consideração diversas variáveis e fatores condicionantes que foram devidamente estudados e analisados.

#### **4.1.2.1. Tipos de Sistema de gestão de dados**

Quando se aborda a *Database Management System* ou Sistema de Gestão de base de dados (*DBMS*), há que considerar o principal objetivo a que se destina o sistema, isto porque, apesar de existirem vários *DBMS*, há que ter em consideração a adequabilidade de cada um, pois nem todos os sistemas são compatíveis com os objetivos pretendidos. Na fase de definição do modelo de gestão a desenvolver, foi estruturado de forma a suportar a gestão de múltiplas edificações históricas, sejam elas de complexidade baixa, média ou elevada. E essa complexidade traduz-se em dados e informações provenientes do modelo *BIM*, que resulta em exportações de grandes quantidades de dados, dados estes que, se não estiverem devidamente estruturados e organizados, poderão comprometer a integridade de todo o modelo de gestão. Por isso houve a necessidade de se estudar duas modalidades diferentes de bases de dados, as bases de dados relacionais e as não relacionais. Achou-se por bem dar a conhecer os dois conceitos, mas como será estudado no ponto **Base de dados não relacional**, a complexidade da base de dados não relacional é tal que ainda hoje decorrem diversos estudos sobre a forma da sua integração em modelos de gestão e, como tal, optou-se por, numa fase inicial, recorrer a uma base de dados relacional exatamente devido à sua baixa complexidade e vantagens *versus* desvantagens (Tabela 8).

##### **✓ Base de dados relacional**

O modelo relacional é um modelo de dados adequado a ser o modelo subjacente de um *DBMS*, que se baseia no princípio que todos os dados estão guardados em tabelas. As bases de dados relacionais utilizam a noção de bases de dados separadas em tabelas onde cada coluna representa um campo e cada linha representa um registo. As tabelas podem ser relacionadas ou ligadas entre si com o uso de *primary keys* ou colunas comuns. Num nível abstrato, as tabelas representam entidades (como utilizadores, clientes ou fornecedores). Esta abstração é útil ao



projetar o esquema da base de dados como objetos do mundo real que precisam ser mapeados para a base de dados, além das relações entre eles. O *design* de um esquema exemplo de uma base de dados pode ser visualizado usando diagramas como o da Figura 26.

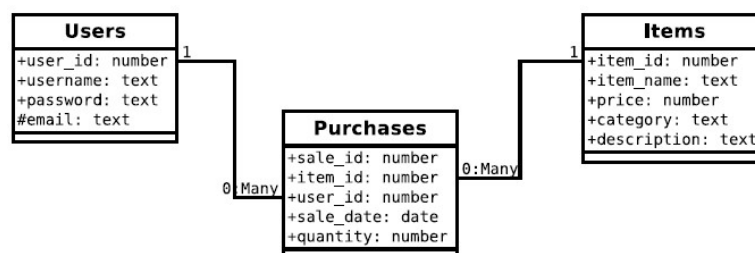


Figura 26 - Exemplo esquemático de uma base de dados (Fonte: Hadjigeorgiou 2013 )

Tabela 8 - Vantagens *versus* Desvantagens das Base de dados relacionais

Base de Dados relacionais	
Vantagens	Desvantagens
<p><b>Resposta rápida aos pedidos de informação.</b> Como os dados estão interligados numa única estrutura, a resposta a questões complexas processa-se mais rapidamente.</p> <p><b>Acesso múltiplo.</b> O <i>software</i> de gestão de base de dados permite que os dados sejam acedidos de diversas maneiras.</p> <p><b>Flexibilidade.</b> Em consequência da independência entre dados e programas, qualquer alteração num desses elementos não implica modificações drásticas no outro.</p> <p><b>Integridade da informação.</b> Dada a absoluta exigência de não permitir a redundância, as modificações de dados são feitas num só sítio, evitando-se assim possíveis conflitos entre diferentes versões da mesma informação.</p> <p><b>Melhor gestão da informação.</b> Em consequência da localização central dos dados, sabe-se sempre como e onde está a informação.</p>	<p><b>Dificuldade em se conciliar um modelo</b> com a necessidade por escalabilidade<sup>4</sup>.</p> <p><b>Dificuldade em organizar os dados</b> em sistemas distribuídos trabalhando através da partição de dados</p>

Entre os sistemas de gestão de base de dados relacionais podem-se destacar os seguintes:

- ✓ *Microsoft Access*;
- ✓ *MySQL*;
- ✓ *Microsoft SQL Server*;
- ✓ *Oracle Server*.

<sup>4</sup> Capacidade da base de dados em manipular a necessidade de crescimento/expansão

Aquando da seleção do software de *DBMS* a usar, foi estudada previamente a hipótese da utilização do *Microsoft Access*, devido à sua interface acessível a uma parcela maioritária dos utilizadores. No entanto, chegou-se à conclusão que não era viável a sua implementação. Isto porque, apesar da sua interface acessível, e da compatibilidade com o *Revit* no que diz respeito ao recurso do *Microsoft Access* no *DBLink* referido na secção 4.1.1, verificou-se uma série de lacunas que inviabilizou a utilização do *Access*:

- i. Incorreto reconhecimento dos tipos (Tabela 7) de *shared Parameters*. O *Microsoft Access* normaliza todos os tipos de parâmetros como *string*. O que restringia o tipo de parâmetros a introduzir;
- ii. O facto do *Microsoft Access* ser um sistema de gestão de base de dados que funciona por tabelas, o sistema em si, é o adequado porque facilita a gestão de dados. No entanto, impossibilita a associação de outros projetos na mesma base de dados, o que implicaria a duplicação de tabelas e consequentemente a repetição de dados, tendo sido o principal motivo de restrição da utilização deste sistema, pois o objetivo deste estudo é a implementação de um modelo de gestão aplicável a vários projetos *BIM*.
- iii. Foi também verificado que a compatibilidade de ligação com a *API* não seria a mais adequada, apesar do *Visual Studio 2015* prever a utilização do *Microsoft Access* enquanto *ADO.NET Entity Data Model* (entidade responsável pela associação das bases de dados) no desenvolvimento da *API*, a ligação entre os mesmos é complexa, e se não for devidamente configurada poderá representar uma ligação instável.

Assim, e pelos pontos referidos acima, concluiu-se a inviabilidade da utilização do *Microsoft Access* como sistema de gestão da base de dados para o modelo de gestão do património histórico.

Em alternativa, foi estudada a implementação do *Microsoft SQL Server (MSSQL)* no sistema de gestão, tendo-se verificado uma compatibilidade em todos os aspetos. No entanto, por ser uma ferramenta cujo manuseamento não é acessível à maioria dos utilizadores, poderá ser limitador do ponto de vista de desenvolvimento de outras aplicações associadas ao modelo de gestão, quando executadas por utilizadores com um conhecimento mais reduzido do sistema. Contudo, e como se demonstrou ser um sistema tão eficaz e compatível com a aplicação do *BIM*, foi implementado o *MSSQL* no sistema de gestão.

### ✓ Base de dados não relacional

As bases de dados não relacionais ou também denominadas por Bases de dados *NoSQL* começaram a ganhar popularidade nos anos 2000 quando as empresas começaram a investir e a pesquisar em bases de dados distribuídas. Por esta razão, a categoria de base de dados *NoSQL* tem crescido e incluiu muitos subtipos.

As categorias das bases de dados *NoSQL* mais comuns são as seguintes:

- **Armazenamento de documentos** - a noção de "documentos" é o conceito central, sendo o equivalente a registos em bases de dados relacionais e coleções que são semelhantes a tabelas.
- **Armazenamento de valores-chave** - os dados são armazenados como valores, com uma chave que é atribuída a cada valor. Também dependendo da base de dados, uma chave pode ter um conjunto de valores.

Um aspeto importante das bases de dados *NoSQL* é que elas não possuem um esquema predefinido, os registos podem possuir campos diferentes conforme necessário, e isto pode ser referenciado como um esquema dinâmico (Hadjigeorgiou 2013; Sareen & Kumar 2015).

Este tipo de bases de dados é utilizado quando existe uma tal quantidade de dados a gerir, que as bases de dados relacionais, não conseguem efetuar leituras desses mesmos dados sem comprometer o sistema. E este conceito tem ganho notabilidade como "*Big Data*".

Este conceito tem sido utilizado na definição de dados em termos de quantidade de dados armazenados, no entanto, existem outros atributos que são importantes para um funcionamento eficaz das bases de dados, nomeadamente, a variedade de dados e a velocidade dos dados. Eles, no seu conjunto, definem o verdadeiro conceito do *Big Data*, em que não só é necessário usar um sistema de gestão de base de dados capaz de armazenar grandes quantidades de dados, mas também, contenha uma grande diversidade de dados cuja velocidade de leitura e análise seja instantânea. Apesar da complexidade deste tipo de base de dados, é o único capaz de dar resposta à temática do *Big Data* (Russom 2011).

Esta definição do *Big Data* é importante de referir pois, apesar de ser um conceito relativamente novo e complexo, implementado por empresas como a Google® e o Facebook®, tem ganho relevância noutros setores devido às suas vantagens. No desenvolvimento deste modelo de gestão do património histórico, a partir de uma determinada altura, impreterivelmente, a quantidade de dados existentes nas bases de dados, irá alcançar níveis onde a sua leitura será prejudicada. Nessa altura tornar-se-á necessário desenvolver a implementação deste tipo de bases de dados não relacionais. No entanto, como este modelo de gestão ainda se encontra em

desenvolvimento, e devido à referida complexidade das bases de dados *NoSQL*, foi adotada a implementação das bases de dados relacionais.

#### **4.1.2.2. Estrutura de suporte do modelo de gestão**

O facto da base de dados de um determinado projeto em *BIM* ser gerada para um base de dados externa, não é por si suficiente para desenvolver um modelo de gestão. É necessário desenvolver previamente um sistema de suporte, capaz de se desenrolar à sua volta toda uma estrutura necessária para montar um sistema de gestão eficaz para os diversos projetos *BIM*.

Com base nesse conceito, surgiu a necessidade de, esquematicamente, organizar o modelo de gestão e as respetivas componentes do mesmo. Era fulcral desenvolver um sistema que possibilitasse a capacidade de gerir qualquer objeto de um determinado modelo *BIM*, seja ele no âmbito da *O&M* ou outra aplicação, mas também possuir capacidade para tirar proveito de informação que não exigisse armazenamento do próprio utilizador, mas sim no próprio sistema de gestão. Informações tais como (1) Documentação, (2) Relatórios de Inspeção, (3) Modelos *BIM*, (4) Plantas, Cortes, Alçados e Pormenores Construtivos e (5) Inventário. As aplicações práticas do sistema de gestão são inúmeras.

A Figura 27 representa o esquema do sistema de gestão desenvolvido e, para melhor compreender o funcionamento do mesmo, ir-se-á abordar o comportamento do sistema e explicar como este se estrutura na base de dados e se relaciona com os modelos *BIM*.

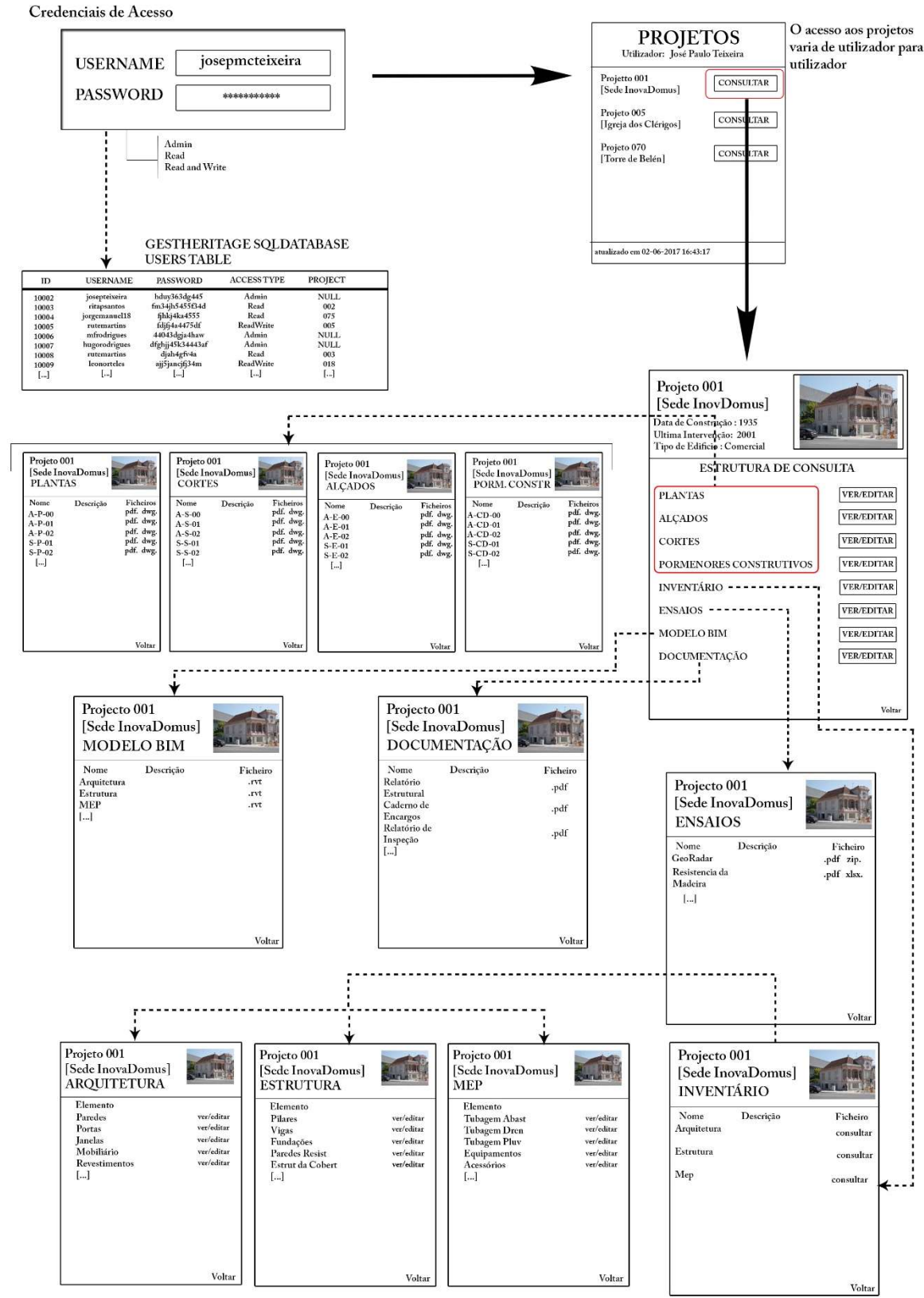


Figura 27 - Esquema organizacional da estrutura do modelo de gestão

Como se pode verificar pela Figura 27, existe uma estrutura organizada para o modelo de gestão a implementar, sendo ele constituído essencialmente por 3 setores de funcionamento, e 5 categorias. Para o desenvolvimento desta estrutura foi necessário o desenvolvimento de uma base de dados específica para suportar o modelo de gestão, sendo ela desenvolvida em *Microsoft SQL Server*<sup>®</sup>, com o nome de “*GestHeritage*”. Com base no organograma da Figura 28, pode-se entender como o modelo está organizado, no entanto, para se perceber como esta foi desenvolvida abordar-se-á a questão a partir do seu núcleo.

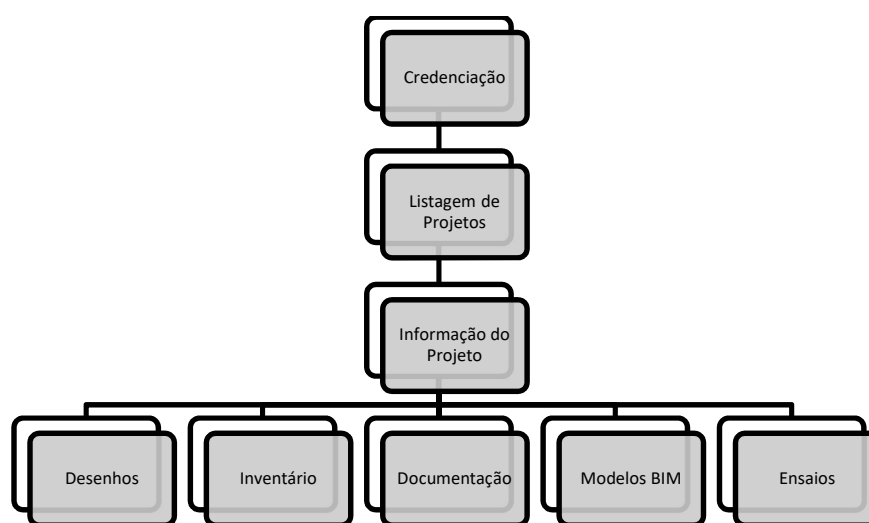


Figura 28 - Organograma da estrutura do modelo de gestão do património histórico

- i. **Credenciação** – Como qualquer modelo de gestão, foi essencial criar credenciais de acesso, de forma a limitar o acesso do utilizador. Assim sendo, foi desenvolvido três tipos diferentes de acesso.

- (1) ***Admin*** ou Administrador – Acesso sem restrições a toda a informação, geralmente responsável pela manutenção do modelo de gestão e atualização da informação;
- (2) ***Read*** – Acesso limitado a somente visualização da informação;
- (3) ***ReadWrite*** – Acesso de visualização e edição com restrições ao tipo de informação.

Além do tipo de acesso, cada utilizador possui o seu próprio *Id*, *email/username* e *password* encriptada.

- ii. **Listagem de Projetos** – Este modelo de gestão foi pensado de forma a abranger a maior quantidade de projetos possíveis, no entanto, o acesso do utilizador não é extensível a todos os projetos, mas sim aos projetos aos quais tem permissão de acesso. A

importância da criação de credenciais de acesso, consiste como meio de associar o *ID* do utilizador aos projetos a que cada um tem acesso, e os respetivos tipos de acesso, sendo que não necessitam obrigatoriamente de ser todos iguais.

- iii. **Informação do projeto** – Por fim, cada projeto individualmente terá a sua própria fonte de informação, sendo cada um deles completamente independente dos outros projetos. Cada um deles terá por definição 5 categorias de informação:

- a. **Desenhos** – Todos os projetos incluem por definição a totalidade dos desenhos provenientes do modelo *BIM*. No entanto, este poderá incluir outras categorias de desenhos com o objetivo de complementar o projeto (os desenhos são importados/exportados sob a extensão *.pdf*).
- b. **Inventário** – Esta categoria é particular à gestão do modelo *BIM* na sua essência. Permite aceder à base de dados externa do modelo *BIM* do respetivo projeto e consultar/editar informação sobre qualquer família de objetos que esteja abrangida. Esta categoria por definição só garante a edição de dados que sejam aplicados como *shared Parameters*.
- c. **Documentação** – Uma outra categoria diz respeito a toda a documentação existente sobre o projeto. Esta categoria permite o armazenamento de informação como: contextualização história, cronologia de intervenções, levantamento fotográfico etc. (a documentação é importada/exportada sob qualquer tipo de extensão).
- d. **Ensaaios** – Tal como a documentação, esta categoria permite o armazenamento de dados que digam respeito ao levantamento de informações sobre o estado de conservação do edificado. Relatórios de inspeção, análises estruturais, ensaios de georadar, etc. (os ensaios serão exportados sob qualquer tipo de extensão).
- e. **Modelos BIM** – Esta categoria surge essencialmente como uma alternativa ao inventário, na medida em que permite aos utilizadores consultar informação gráfica sobre qualquer elemento cuja informação fosse escassa, quer no inventário quer nos desenhos. Este modelo *BIM* permite também aos administradores do modelo de gestão executar as atualizações geométricas no modelo, quando o projeto é submetido a intervenções e/ou manutenções que se traduzam em alterações em qualquer geometria, material ou parâmetro do projeto (os desenhos serão importados/exportados sob a extensão *.zip*).

Com base nas fases e categorias descritas anteriormente, desenvolveu-se a base de dados que se esquematiza na Figura 29: o diagrama da base de dados “GestHeritage”.

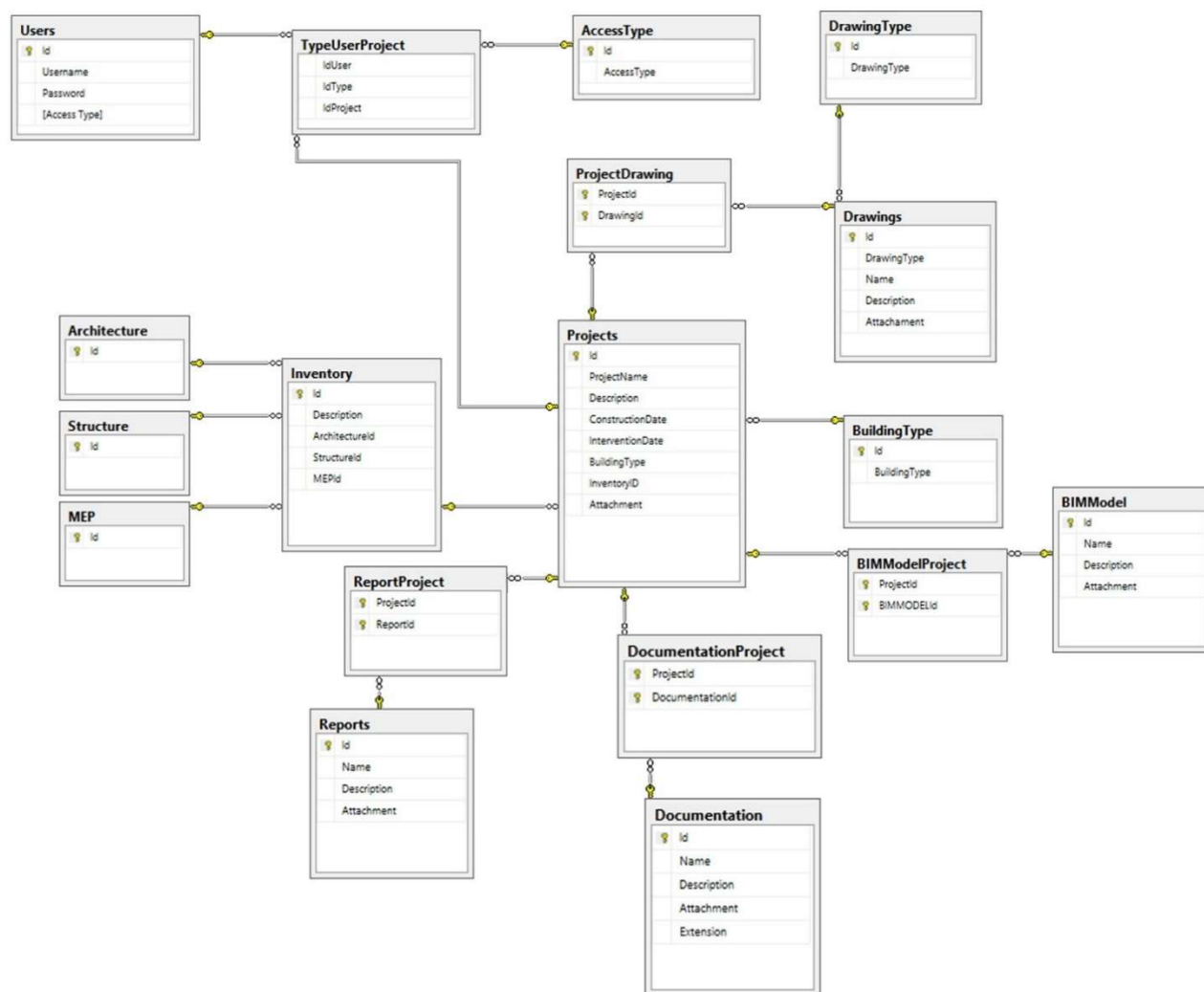


Figura 29 - Diagrama da estrutura organizacional do GestHeritage em *MSSQL* e respetivas relações

As tabelas constituintes da base de dados “GestHeritage” não funcionam individualmente, mas sim como um conjunto inter-relacionado. Esta base de dados vai permitir suportar todas as bases de dados provenientes no modelo *BIM*, garantindo assim um sistema de gestão eficaz e viável. Não obstante, como se pode verificar na Figura 29, as tabelas só funcionam como um conjunto inter-relacionado, porque as tabelas encontram-se relacionadas entre si e, por essa mesma razão, é relevante explicar-se a forma como se relacionam.

#### 4.1.2.3. Relações

Na elaboração da base de dados, houve necessidade de ter em consideração a forma como estas se iam relacionar entre si, com o objetivo de, quando é requerida determinada informação, a



base de dados, através das tabelas e das suas relações, conseguir devolver ao utilizador toda a informação.

Numa base de dados, todas as tabelas são constituídas por uma ou mais *primary key*, que representa o elemento identificador da tabela. Esta será o elemento chave para fazer a ligação com outras tabelas. Vejamos a título de exemplo a Figura 30, em que a tabela “users” é identificada com uma chave (*primary key*) que representa, neste caso específico, o *Id* do utilizador.

DESKTOP-2C63ML\S...ritage - dbo.Users X			
	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	Id	bigint	<input type="checkbox"/>
	Username	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
	Password	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
	[Access Type]	int	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Figura 30 - Estrutura da tabela "Users" da Base de dados GestHeritage

Uma das particularidades a ter em consideração quando se relacionam duas tabelas distintas numa base de dados é que estas têm de ser em determinadas situações relacionadas por meio de uma tabela intermédia, responsável pelo relacionamento entre eles. Veja-se a título de exemplo, na Figura 31, parte do organograma do GestHeritage que dita a ligação entre *Users*, *AccessType* e *Projects*.

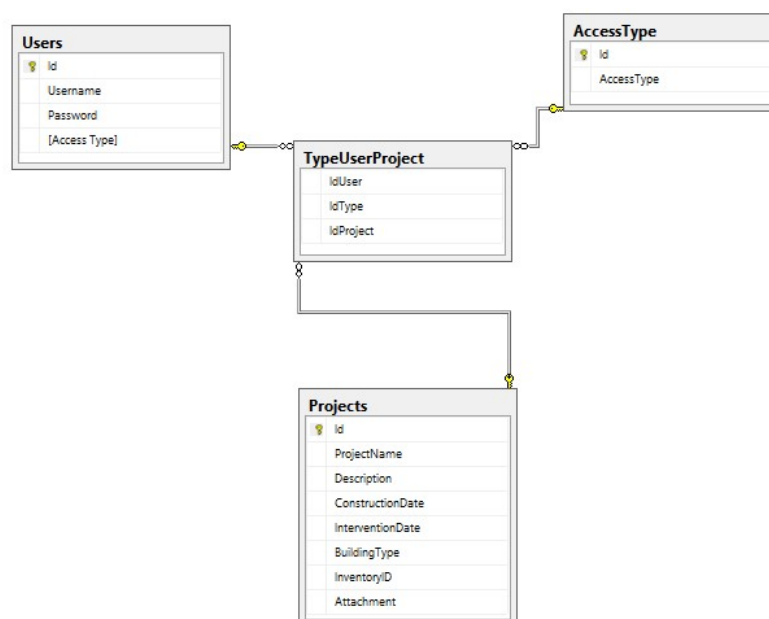


Figura 31 - Relação *Users-AccessType-Projects* na base de dados GestHeritage

A ligação entre as tabelas mencionadas anteriormente é efetuada com recurso a uma tabela intermédia, a *TypeUserProject* que redireciona os *Id's* de cada um deles para essa tabela.

Suponhamos, a título de exemplo, que se pretende obter a lista de utilizadores e os respetivos acessos a um determinado projeto X. O que o *SQL* vai executar é uma *Query*<sup>5</sup> onde seleciona o ID do projecto X (na tabela *projects*) e devolve a listagem de “*IdUser*” e “*IdType*” que estejam associados ao “*IdProject*” = X. As aplicações práticas da base de dados quando relacionadas, permitem obter qualquer peça de informação.

Com base nesse conceito, todas as categorias foram desenvolvidas com recurso a uma tabela intermédia, como se pode constatar na Figura 29. Este conceito, não só permite um relacionamento de dados mais abrangente e eficiente, mas permite também associar todo o tipo de dados de diferentes projetos sem que estes posteriormente entrem em conflito, na medida em que todos eles se encontram associados a um determinado projeto ou, basicamente, associados a um *Id* do Projeto que é único.

Um outro fator a ter em consideração no desenvolvimento da base de dados é o tipo de dados que é estruturado para cada tabela, essencialmente no que diz respeito ao tipo de dados na ligação *primary key-foreign key*, em que esta ligação necessita de ter o mesmo tipo de dados, caso contrário seria impossível relacioná-las.

#### **4.1.2.4. Tipos de Dados**

Sendo uma tabela numa base de dados constituída por colunas de dados, torna-se essencial tomar conhecimento do tipo de dados existentes tendo em consideração que o tipo de informação varia de tabela para tabela e, conseqüentemente, de coluna para coluna. Tal como foi apresentado na Tabela 7, o tipo de dados varia consoante o objetivo da informação a implementar. No caso do *Revit*, os tipos de dados explícitos na tabela eram limitados aos mencionados, no entanto, o *Microsoft SQL Server* contempla uma grande variedade de tipo de dados. Para efeitos de compreensão do modelo de gestão vai se apresentar somente os principais utilizados tanto na base de dados GestHeritage como nas exportadas pelo *Revit*.

---

<sup>5</sup> Query – Representa uma requisição de informação à base de dados

Tabela 9 – Principais tipos de dados no Microsoft SQL Server utilizados no modelo de gestão

Tipo de Dados	Descrição
<b><i>varchar(n)</i></b>	Variáveis <i>string</i> (n corresponde ao número de caracteres). Máximo de 8.000 caracteres.
<b><i>nvarchar(n)</i></b>	Variáveis <i>string</i> e números (n corresponde ao numero de caracteres). Máximo de 536,870,912 caracteres.
<b><i>int</i></b>	Permite números inteiros entre -2,147,483,648 e 2,147,483,647.
<b><i>bigint</i></b>	Permite números inteiros entre -9,223,372,036,854,775,808 e 9,223,372,036,854,775,807.
<b><i>float(n)</i></b>	Permite números inteiros e decimais de -1.79E + 308 até 1.79E + 308.
<b><i>datetime</i></b>	De 1 de Janeiro de 1753 até 31 de dezembro de 9999 com uma precisão de 3,33 milissegundos.
<b><i>varbinary(max)</i></b>	Variável <i>Binary string</i> , com capacidade de armazenar 2GBs.
<b><i>Boolean</i></b>	Armazena valores "True" ou "False".

A capacidade do *Microsoft SQL Server* em armazenar diferentes tipos de informação, tornou o desenvolvimento do modelo de gestão num processo mais eficaz na leitura dos dados, na medida em que se torna desnecessário a adaptação de leitura de dados num formato que não o desejado. O *SQL* possui inclusivamente um tipo de dados que permite armazenar ficheiros (.pdf, .docx, .xlsx, .zip, entre outros) sob a forma de binário *varbinary()*.

Assim, com base no conhecimento dos tipos de dados, foi possível proceder à construção integral da base de dados de suporte ao modelo de gestão e, consequentemente, dar início à ligação da mesma com a *API*.

#### 4.1.2.5. Ligação à Web API

A ligação da base de dados a uma *Web API* advém da necessidade de facilitar o acesso do utilizador à informação do projeto. Como tal, o modelo de gestão foi desenvolvido tendo em vista a edição e visualização da informação numa plataforma web, sendo então necessária a ligação da base de dados com a *web API*. Surge assim, como uma terceira etapa do modelo de gestão, o desenvolvimento duma aplicação *web* com vista à implementação do modelo de gestão. Esta aplicação *web* foi desenvolvida e registada sob o nome “**GestHeritage**” e implementada num serviço de *hosting* da Universidade de Aveiro.

### 4.1.3. ASP.NET Web API

O termo *ASP.NET API*, entende-se por *Application Programming Interface*, onde *ASP.NET* representa a *framework* para a construção de serviços *HTTP*. Esta interface representa um conjunto de padrões de programação que permite a construção de aplicações.

A *API* funciona através da comunicação entre diversos códigos, definindo assim comportamentos específicos de determinados objetos numa interface. Ou seja, a *API* irá interligar diversas funções dum *website* (por exemplo, pesquisa de imagens, dados, etc.) possibilitando a utilização dessas mesmas funções para várias aplicações.

Assim, e num conceito básico, a *API* funciona através de *Request Verbs*, que representam expressões que descrevem o que deverá ser executado com os dados. A *API* suporta ações convencionais em *CRUD* (*Create, Read, Update and Delete*), uma vez que trabalha com os *Request Verbs* de *HTTP GET, POST, PUT e DELETE*.

- a. **GET** – Devolve um recurso;
- b. **POST** – Cria um novo recurso;
- c. **PUT** – Modifica um recurso existente;
- d. **DELETE** – Remove um recurso existente.

O *HTTP* é composto por dois tipos de pedidos, a *Request* e *Reponse* que compõem no seu conjunto a estrutura *HTTP* como se pode observar na Figura 32.

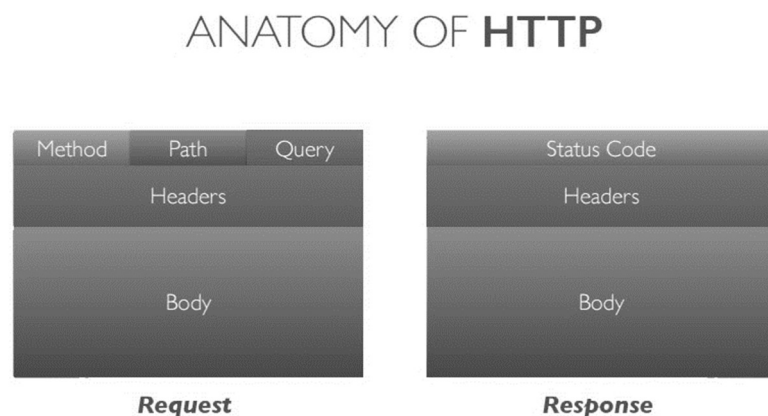


Figura 32 - Estrutura *Request - Response* do *HTTP*

- i. **Request Header** – Contém a informação adicional sobre a requisição dos dados, como por exemplo que tipo de informação é necessária;
- ii. **Request Body** – Contém os dados a enviar para o servidor;
- iii. **Response Body** – Contém os dados enviados como resposta ao servidor;

- iv. ***Response Status Code*** – Providencia o estado de situação da requisição de dados
  - a. Código 200 – “*Ok*”;
  - b. Código 404 – “*Not Found*”;
  - c. Código 204 – “*No Content*”.

Assim, e com base neste conceito, desenvolveu-se uma *ASP.NET web API* com o objetivo de integrar o modelo de gestão do património histórico.

#### **4.1.3.1. Introdução à Programação**

A programação do projeto *ASP.NET Web API* foi desenvolvida no *software Microsoft Visual Studio 2015* sobre a *framework .NET* e com recurso à linguagem de programação *C#*. O *visual Studio* é um ambiente de desenvolvimento integrado da *Microsoft®* dedicado ao desenvolvimento de softwares, aplicações web, etc., com especial orientação para a *framework .NET*. No ponto seguinte ir-se-ão apresentar os principais conceitos teóricos sobre os principais elementos responsáveis pelo desenvolvimento de uma aplicação *Web*.

##### **✓ .NET Framework**

O *.NET Framework* é a plataforma criada pela *Microsoft®* para o desenvolvimento de aplicativos. Um dos principais motivos é a sua utilização como um meio de integrar sistemas operacionais diferentes. Além disso, a definição anterior do *.NET Framework* não inclui qualquer restrição sobre o tipo de aplicativos que são possíveis. Isso acontece porque não existe nenhuma restrição - o *.NET Framework* permite a criação de aplicativos do *Windows*, aplicativos *Web*, serviços *Web*, etc. Além disso, as aplicações *Web* são, por definição, aplicações multiplataforma, uma vez que qualquer sistema com um navegador da *Web* pode acedê-los. Com a recente adição do *Silverlight*, esta categoria também inclui aplicações que são executadas dentro de navegadores no cliente, bem como aplicativos que simplesmente processam conteúdo da *Web* sob a forma de *HTML*. O *.NET Framework* foi desenvolvido para que possa ser utilizado em qualquer linguagem, incluindo *C#*, *C++*, *Visual Basic*, *Jscript*, etc. Não só todos eles têm acesso ao *.NET Framework*, mas também podem comunicar entre si. É perfeitamente possível para os utilizadores do *C#* fazer uso do código escrito por programadores *Visual Basic*, e vice-versa. Tudo isto proporciona um nível extremamente elevado de versatilidade o que leva e justifica o uso do *.NET Framework* (Watson et al. 2010).

Desenvolver uma aplicação utilizando o *.NET Framework* significa escrever um código utilizando a biblioteca *.NET*. O *Microsoft Visual Studio* é um ambiente de desenvolvimento integrado que suporta *C#* (bem como *C++*, *Visual Basic* e outros). A vantagem deste ambiente é a facilidade com que os recursos do *.NET* podem ser integrados no código. O código que se cria é inteiramente *C#*, mas ao usar o *.NET Framework*, vai-se fazer uso das ferramentas adicionais do VS – *Visual Studio* (Watson et al. 2010).

#### ✓ **Linguagem de programação C#**

O *C#*, como mencionado anteriormente, é uma das línguas que se pode usar para criar aplicações que posteriormente serão executados no *.NET*. É uma evolução das linguagens *C* e *C++* e foi desenvolvida pela Microsoft® especificamente para trabalhar com a plataforma *.NET*. Desenvolver aplicações usando *C#* é mais simples do que em *C++*, na medida em que a sintaxe da linguagem é menos complexa, sendo que o *C#* é uma linguagem com grande capacidade (Watson et al. 2010).

Na passagem do *C++* para o *C#*, foram conseguidas duas vantagens: (1) um código mais robusto e organizado, (2) A *framework .NET* acompanha sempre o tipo de dados. *C#* é apenas uma das línguas disponíveis para o desenvolvimento *.NET*, mas certamente a mais adequada. Tem ainda como vantagem ser a única linguagem projetada desde o início para o *.NET Framework* e ser a principal usada em versões do *.NET*. O *C#* pode fazer uso de todos os recursos que a biblioteca de código do *.NET Framework* tem para oferecer (Watson et al. 2010). O *.NET Framework* não tem qualquer restrição sobre os tipos de aplicativos que são possíveis, no entanto, alguns dos tipos de aplicação mais comuns são:

- ✓ **Aplicativos do Windows:** Aplicações, como o *Microsoft Office*®, que têm uma aparência familiar sobre o *Windows*. Isto é, uma aparência simplificada usando o módulo *Windows Forms* do *.NET Framework*, que representa uma biblioteca de funcionalidades (como botões, barras de ferramentas, menus, etc.);
- ✓ **Aplicativos Web:** Páginas Web, tais como as que podem ser visualizadas por meio de qualquer navegador da Web. O *.NET Framework* inclui um poderoso sistema para gerar conteúdo Web dinamicamente, permitindo personalização, segurança e muito mais. Esse sistema é chamado *ASP.NET (Active Server Pages .NET)* e pode ser utilizado o *C#* para desenvolver aplicativos *ASP.NET* com recurso a *Web Forms*.

Qualquer um destes tipos poderá exigir de alguma forma acesso a uma base de dados, que pode ser alcançado utilizando a seção *ADO.NET (Active Data Objects .NET)* do *.NET Framework*, por meio do *ADO.NET Entity Framework* (Watson et al. 2010).

#### ✓ Programação orientada por objetos

A programação orientada por objetos é uma abordagem para a criação de aplicações que procura resolver muitos dos problemas da aplicação de técnicas de programação tradicionais. Com a programação orientada por objetos, usa-se muitos mais módulos de código, cada um deles oferecendo inúmeras funcionalidades específicas sendo que, cada módulo, pode ser isolado ou até mesmo completamente independente dos outros. Este método modular de programação demonstra maior versatilidade e oferece mais oportunidades para a reutilização do código (Watson et al. 2010).

O objeto encapsula parte da aplicação, onde este poderá representar um processo, parte de dados, ou até mesmo uma entidade mais abstrata.

No sentido mais simples, um objeto é uma estrutura constituída por variáveis e funções, onde nas variáveis são armazenados dados e nas funções as funcionalidades do objeto.

```
public class Exemplo // variável "Exemplo"
{
    // função que descreve a funcionalidade da variável
}
```

Os objetos em *C#* são criados a partir do tipo. O tipo de um objeto é conhecido na programação orientada por objeto como *Class* (Classe). Uma classe é um modelo, a partir do qual podem ser criados objetos, uma classe define o comportamento dos objetos através dos seus métodos e quais são os estados que é capaz de manter através dos seus atributos. Quando se programa um objeto e se definem as suas características e funcionalidades, na verdade o que se está a fazer é programar uma classe (Cardoso 2011).

A programação orientada por objetos, é um conceito que liga muito bem com o desenvolvimento de uma *web API* no sentido em que permite uma dinamização e reaproveitamento de código que de outra maneira não seria possível no mesmo tempo.

#### 4.1.3.2. Web API Project

Como já foi mencionado inúmeras vezes, o objetivo do modelo de gestão passa pela necessidade do desenvolvimento de uma *web API* para comunicar com a aplicação web. Assim sendo, numa primeira fase, criou-se no VS um projeto destinado ao desenvolvimento da *API*, cujo faseamento se indica de seguida:

- i. Na interface inicial do *Visual Studio* → *New* → *Project* (ver Figura 33).

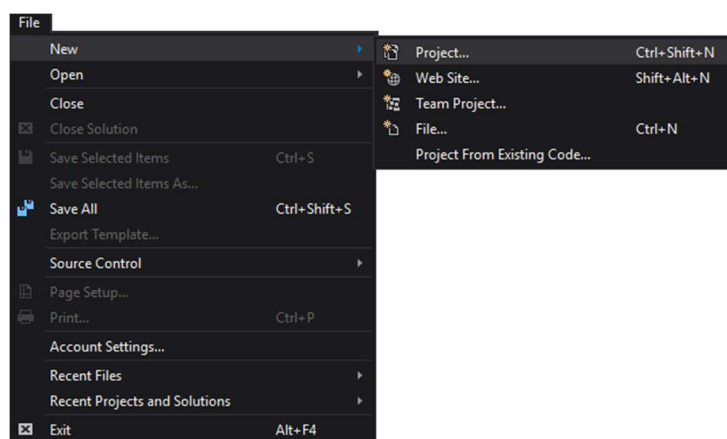


Figura 33 - Criação de um novo projeto no Visual Studio 2015

- ii. Na abertura da nova janela *New Project* pode-se verificar a existência duma barra vertical à esquerda onde é possível identificar a divisão de aplicações por tipos de linguagem (*C#*, *Visual Basic*, *Visual C++*, *Python*, etc.) Como se está a desenvolver uma aplicação web em *C#*, seleccionou-se a aplicação *web* em *Visual C#*, onde por definição deverá conter uma única aplicação *ASP.NET Web Application*. Foi importante a designação da aplicação com o nome final, de forma a evitar a alteração posterior do nome e, consequentemente, a probabilidade de erros associados. A aplicação foi denominada por “GestHeritage” tal como foi decidido para o modelo de gestão.
- iii. Como já foi referido no ponto **Linguagem de programação C#**, existe uma variedade de aplicativos *ASP.NET*, no entanto, sendo o objetivo do modelo o desenvolvimento de uma *API* foi selecionado o aplicativo *Web API* (ver Figura 34). Após finalizado o processo de criação dum projeto, o VS dá início ao agrupamento de todo o conteúdo necessário.



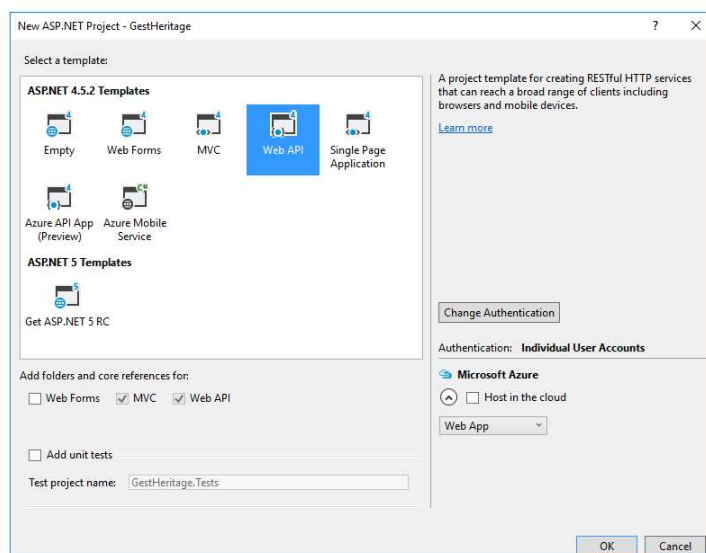


Figura 34 - Criação da *ASP.NET Web Application* (GestHeritageAPI)

Tendo em consideração que uma *API* funciona à base de controladores sob ações convencionais em *CRUD*, torna-se lógico que toda a funcionalidade da *API* rode à volta destes controladores, desenvolvidos tendo por base o objetivo de cada controlador. No entanto, para proceder ao desenvolvimento destes controladores tornou-se previamente necessário montar a estrutura base onde se irá suportar todo o modelo de gestão. Estrutura esta que foi abordada na secção 4.1.2.2. e para isso foi necessário associar à *API* a respetiva base de dados.

#### 4.1.3.3. Database to ASP.NET API

A capacidade do *Visual Studio 2015* para implementar bases de dados é bastante abrangente e dinâmica, na medida em que esta permite a implementação dos mais variados sistemas de gestão de bases de dados, e conforme os objetivos dos utilizadores, modelar a leitura e edição de dados sem comprometer o sistema.

Tendo em consideração que toda a funcionalidade do modelo de gestão dependeria da capacidade da *API* para incorporar uma base de dados, tornou-se prioridade a implementação do mesmo.

Tal como no capítulo anterior, a implementação da base de dados será abordada faseadamente.

- i. Como a base de dados em si não representa um projeto da *API*, mas sim uma parte integrante da mesma, foi necessário adicionar não um novo projeto, mas sim um novo item associado ao projeto. *Project* → *Add New Item*, onde foi possível verificar a existência de todos os tipos de itens possíveis de incorporar num dado projeto *ASP.NET*, tendo da aba vertical sido selecionado *Data* e, seguidamente, *ADO.NET Entity Data Model*, tal como se pode verificar pela Figura 35.

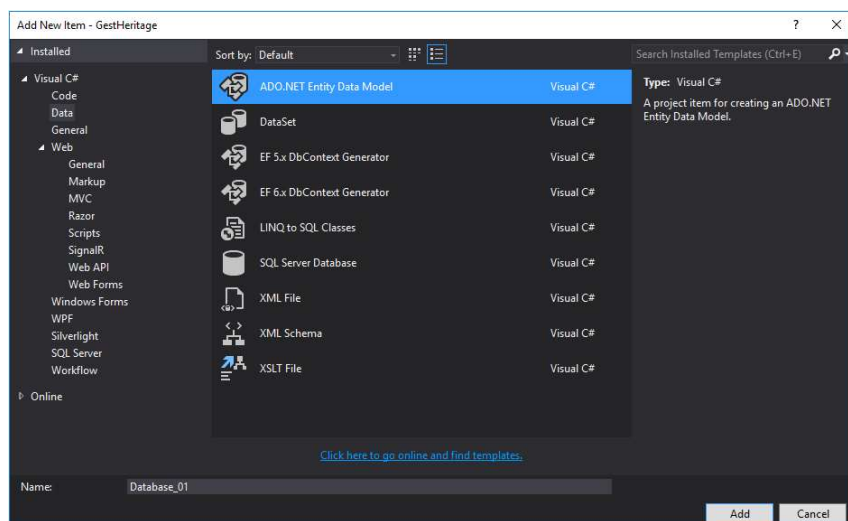


Figura 35 - Interface de r novos itens do projeto

- ii. Seguidamente, na janela *Entity Data Model Wizard* optou-se pelo *Model Content* → *EF Designer from Database*, que levou a uma outra janela que requer a ligação da base de dados. Assim, foi efetuado uma *New Connection* e foi configurada uma nova ligação tal como se pode verificar na Figura 36, para a base de dados de suporte, a GestHeritage.

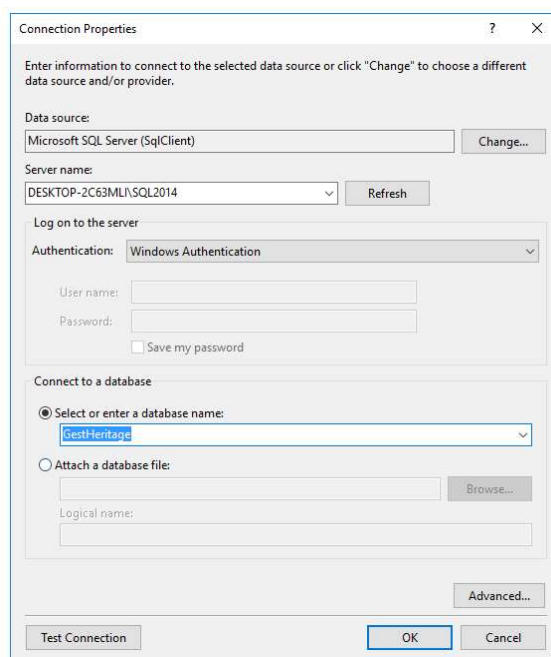


Figura 36 - Configuração da conexão da base de dados GestHeritage à API

- iii. Por fim, após a conexão à base de dados estar concluída, foram selecionadas as respetivas tabelas da base de dados a importar para o projeto. Neste caso em particular

foram importadas todas pois, todas elas eram essenciais para o funcionamento em conjunto, e o resultado final é a importação das tabelas com as respetivas relações estabelecidas no *Microsoft SQL Server*<sup>®</sup> (ver Figura 37).

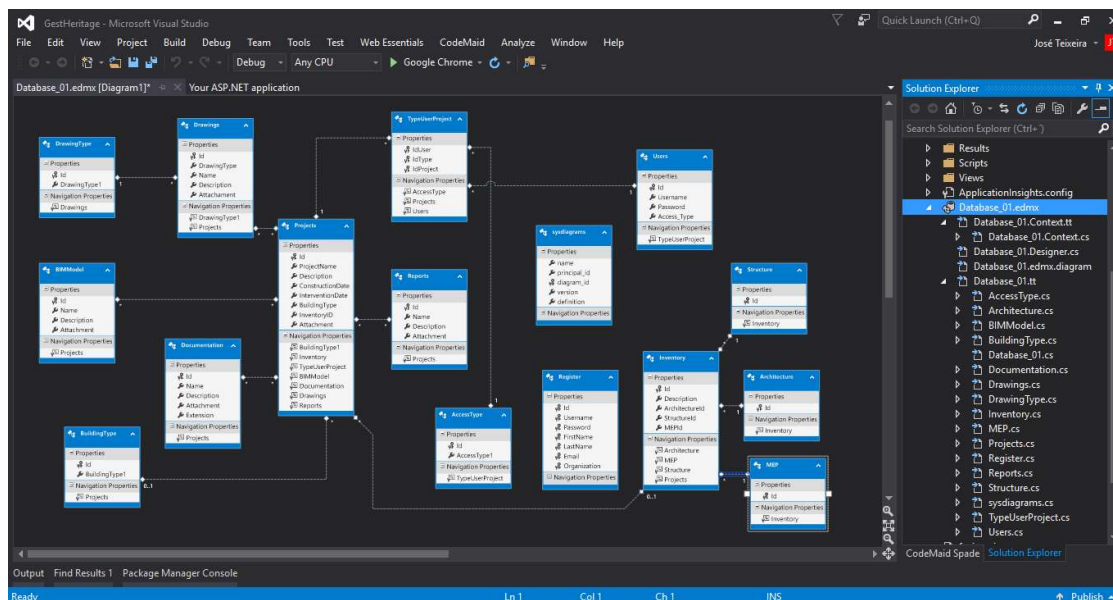


Figura 37 - Base de Dados "GestHeritage" implementada no projeto

Com a base de dados associada, tornou-se assim possível proceder ao desenvolvimento dos controladores necessários.

#### 4.1.3.4. Controladores

Os controladores são itens “class” que estão programados para executar determinadas ações *CRUD* (*Create, Read, Update* ou *Delete*), não tendo obrigatoriamente necessidade de possuir os quatro elementos. Cada controlador desenvolvido possui as ações necessárias com vista a atingir todos os objetivos necessários. Com base nesse conceito e tendo em consideração a base de dados GestHeritage, concluiu-se pela necessidade de criar controladores (e as respetivas ações *CRUD*) para os seguintes elementos:

- a) **Users** {Get, Put, Post};
- b) **Projects** {Get, Put, Post, Delete};
- c) **BIM Models** {Get, Put, Post, Delete};
- d) **Documentation** {Get, Put, Post, Delete};
- e) **Drawings** {Get, Put, Post, Delete};
- f) **Reports** {Get, Put, Post, Delete}.

Os controladores poderão ser desenvolvidos a partir do zero, através da criação de uma “classe”, no entanto, para utilizadores menos experientes, o VS prevê a criação de um modelo *template* onde já vêm desenvolvidos os parâmetros base dos controladores. Esse *template* é criado adicionando à pasta *Controllers* um novo controlador e seleccionando “*Web API 2 Controller with actions using Entity Framework*”, e é este controlador que permite associar à base de dados que se está a trabalhar uma tabela específica (*Users*, *Projects*, *Documentations*, etc.).

Para se compreender o tipo de ações *CRUD* que se vão desenvolver, vai-se apresentar um controlador a título de exemplo (*Users*), onde serão indicados os conceitos base por trás de cada ação *CRUD*.

### i. *Get*

```
// GET: api/Users
public IQueryable<Users> GetUsers()
{
    return db.Users; // A base de dados devolve
                    // todos os registos da tabela Users
}
```

### ii. *Get (id)*

```
// GET: api/Users/5
[ResponseType(typeof(Users))]
public IHttpActionResult GetUsers(long id) // Requer ao
                                         // utilizador um Id = X
{
    Users users = db.Users.Find(id); // Com esse Id , ele
                                     // procura na base
                                     // de dados o Id=X

    if (users == null)
    {
        return NotFound(); //caso não encontre esse Id ,
                           // devolve "Not Found"
    }

    return Ok(users); // caso encontre, devolve toda a
                     // informação desse Id
}
```

### iii. *Put (id)*

```
// PUT: api/Users/5
[ResponseType(typeof(void))]
public IHttpActionResult PutUsers(long id, Users users) // o
                                                         // utilizador requer
                                                         // um id ao UserRequest
{
    if (!ModelState.IsValid) // Verifica a validade dos dados
                             // submetidos
    {
        return BadRequest(ModelState); //em caso negativo devolve
                                     // "BadRequest"
    }
}
```

```

        if (id != users.Id) // valida se o id está em
                           //conformidade com o enviado no Users
                           //Request
        {
            return BadRequest(); //em caso negativo devolve
                                //"BadRequest"
        }

        db.Entry(users).State = EntityState.Modified; //se se encontra
                                                       //no estado modificado

        try //então (...)
        {
            db.SaveChanges(); //guarda alterações
        }
        catch (DbUpdateConcurrencyException)
        {
            if (!UsersExists(id)) // se não existir o user
            {
                return NotFound(); // devolve "Not Found"
            }
            else // caso contrário
            {
                throw;
            }
        }
        return StatusCode(HttpStatusCode.NoContent); //devolve erro 204
    }

```

#### iv. **Post**

```

        // POST: api/Users
        [ResponseType(typeof(Users))]
        public IHttpActionResult PostUsers(Users users) //Requer ao
                                                       //utilizador todas
                                                       //as informações da tabela

        {
            if (!ModelState.IsValid)
            {
                return BadRequest(ModelState); //devolve erro caso os
                                                //parâmetros sejam
                                                //diferentes do tipo de
                                                //dados introduzidos
            }

            db.Users.Add(users); // Adiciona o utilizador
            db.SaveChanges();    // Grava na Base de dados

            return CreatedAtRoute("DefaultApi", new { id = users.Id },
            users);
        }

```

#### v. **Delete (id)**

```

        // DELETE: api/Users/5
        [ResponseType(typeof(Users))]
        public IHttpActionResult DeleteUsers(long id) //Requer ao
                                                       //utilizador o Id

        {
            Users users = db.Users.Find(id); //Procura esse Id na tabela
                                             //Users
            if (users == null) //Se não encontrar

```

```
{
    return NotFound(); //devolve erro 404
}

db.Users.Remove(users); // se encontrar apaga da tabela
                        Users
db.SaveChanges(); //Grava alteração

return Ok(users); //Devolve código 200 ("No Content")
}
```

Assim, e tendo por base os controladores descritos acima, foi possível proceder ao desenvolvimento mais aprofundado e complexo dos controladores, desde a atribuição de parâmetros validadores de datas – *e.g.* data de Construção não pode ser superior à data atual; encriptação da password dos *Users* com sistema *MD5*, entre outros.

Com os controladores da estrutura base de todo o modelo de gestão do património histórico desenvolvidos, a *API* encontra-se suficientemente desenvolvida para se adaptar à receção de outras bases de dados, nomeadamente, as provenientes do modelo *BIM*. Estas bases de dados serão por definição externas à base de dados principal (GestHeritage) pois, essa base de dados é que irá desempenhar o papel responsável pela ligação de todas as outras bases de dados.

O modelo de gestão prevê a visualização e edição (na categoria inventário referida na secção 4.1.2.2) de toda a informação proveniente da base de dados exportada pelo modelo *BIM*. Tornando-se assim necessário a adaptação da *API* para a simultaneidade de ações. Não só para a base de dados GestHeritage, mas como também para as bases de dados dos diferentes projetos. Foi então desenvolvido com base no caso em estudo a ser apresentado no capítulo 5, os controladores necessários para dar a resposta ao inventário.

Assim, conclui-se o desenvolvimento da *API* individualmente, no entanto, como o modelo de gestão foi previamente projetado para suportar uma aplicação web, tornou-se ainda necessário proceder à implementação da *API* numa interface web.

#### **4.1.3.5. Interface Web**

A implementação da *API* numa aplicação web, não pode ser desenvolvida como parte integrante da *API*, mas sim como elemento interligado com a *API*. O utilizador comunica com a aplicação web, a aplicação web com a *API*, e a *API* com as base de dados, e vice-versa (ver Figura 38).



Figura 38 - Esquema relacional entre o utilizador, aplicação web, API e a base de dados SQL

Por essa razão foi necessário criar uma aplicação web, gerando um novo projeto da solução, *Add → New Project → ASP.NET Web Application*.

Uma nota a ter em atenção é que, para se organizar todo o conteúdo e evitar assim a dispersão de informação e dados, todos os projetos associados à solução foram submetidos dentro da mesma pasta.

Em seguida, optou-se pela *template Web Forms* (ver Figura 39) que gera automaticamente todas as ferramentas e classes necessárias para o desenvolvimento da aplicação web.

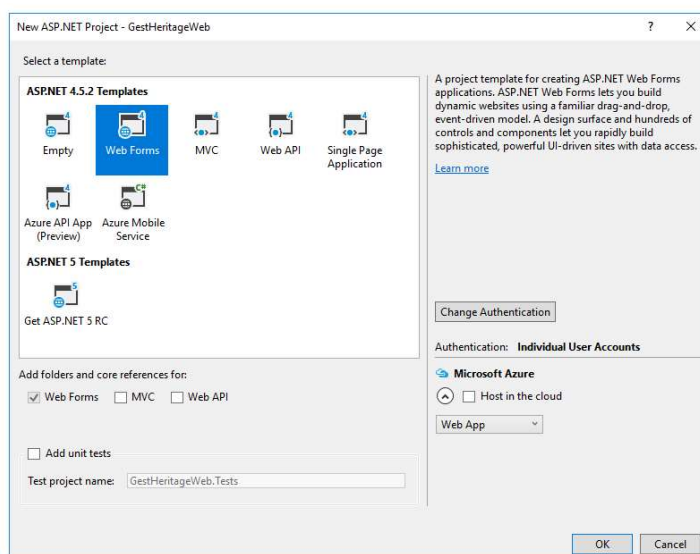


Figura 39 – Criação da Web Application

A estrutura de como se organizam as páginas web são diferentes das classes de código, isto porque, quando se desenvolve uma determinada página web, está-se a desenvolver um design suportado por funcionalidades devidamente programadas para o efeito, enquanto que numa API apenas se está a desenvolver a funcionalidade (componente lógica). Assim, explicar-se-á a estrutura duma página exemplo da aplicação web desenvolvida, de forma a compreender como esta se organiza. Para isso, é necessário ter em atenção que, para toda a solução funcionar em conjunto, todos os projetos necessitam de estar interligados. O que é possível, através do projeto

que se está a desenvolver, seleccionando a opção *Build Dependencies* → *Project Dependencies*, como se pode verificar na Figura 40.

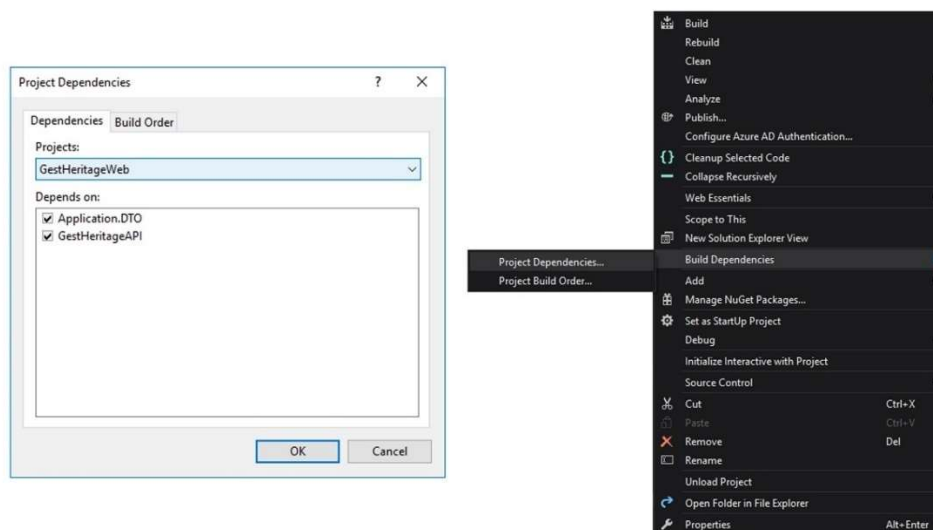


Figura 40 – Associação de dependências a um dado projeto

Agora, com todos os projetos associados é possível desenvolver uma aplicação web completamente interligada com a *API* e, consequentemente, com as bases de dados *SQL*. Mas, tal como já foi mencionado anteriormente, a estrutura das páginas web são desenvolvidas essencialmente com recurso a ficheiros tipo *.aspx* (*Active Server Page Extended*) que se ramifica em duas componentes (ver Figura 41):

- a) *Exemplo.aspx* – Esta componente representa a componente do *User Interface* ou, basicamente, a parte visível ao utilizador. Normalmente é desenvolvida em *HTML*, no entanto, poderá conter código *ASP.NET* no caso de *web forms*.
- b) *Exemplo.aspx.cs* – Esta componente representa todo o código por detrás da página (a título de exemplo suponha-se que na componente *.aspx* é adicionado um botão, no *aspx.cs* esse botão é programado com algum objetivo).



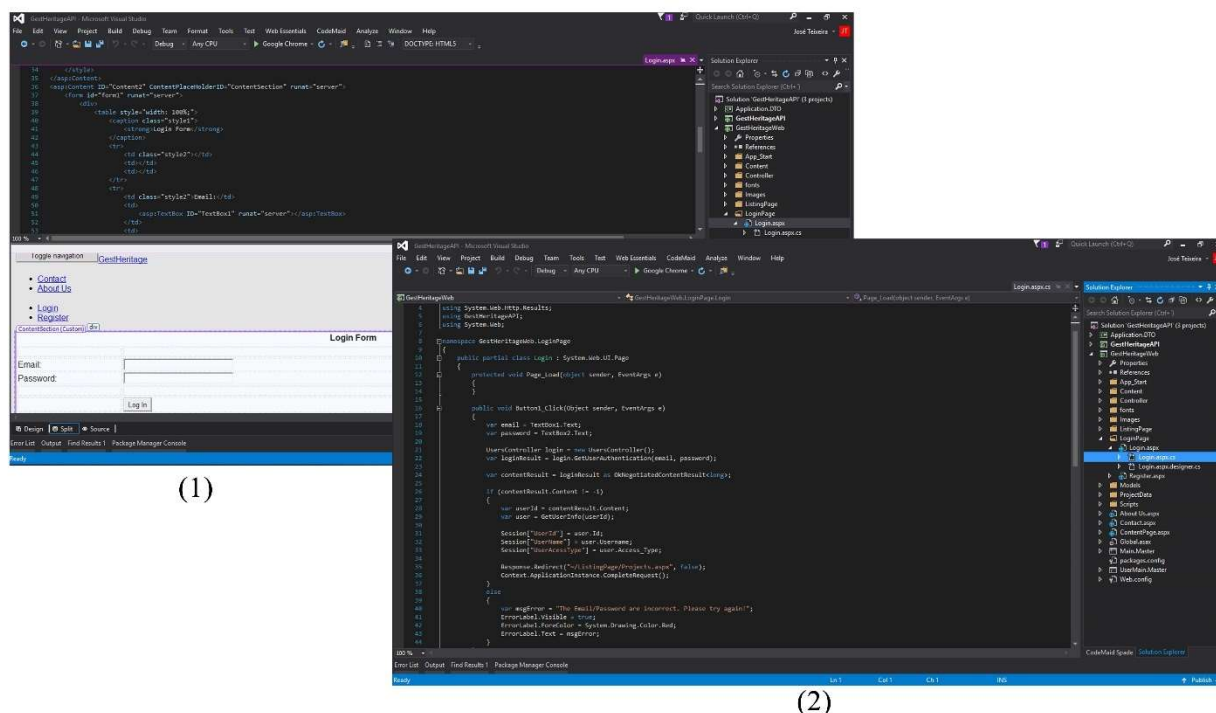
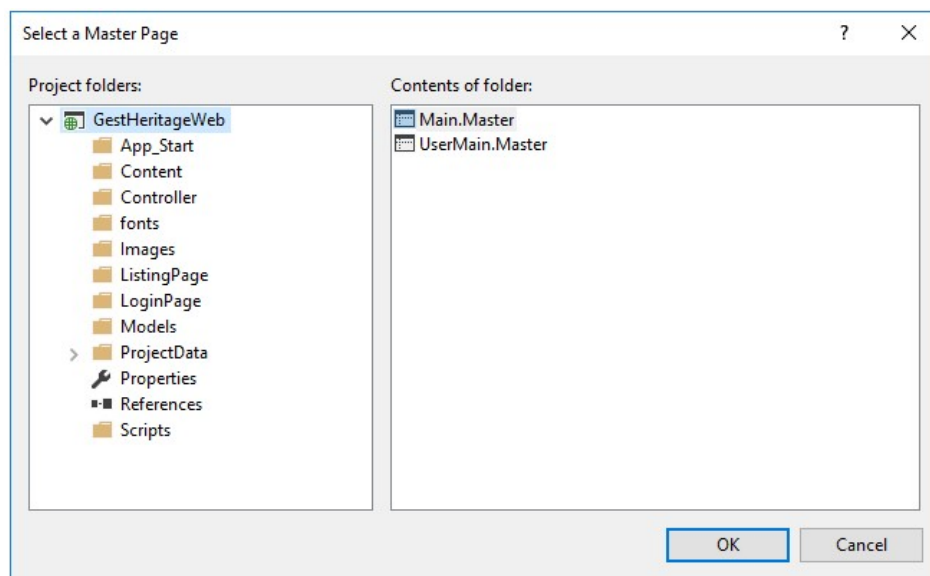


Figura 41 - Estrutura da Página "Login" / (1) - Ficheiro .aspx (2) - Ficheiro .aspx.cs

Outra particularidade da *Web Forms* é que funcionam através de uma *Master Page* que atua como uma máscara comum a todas as páginas de conteúdo. As *Master Pages* do *ASP.NET* permitem criar um layout consistente para as páginas da aplicação web. Uma única página que define a aparência e comportamento padrão desejado para todas as páginas (ou determinados grupos). Em seguida, desenvolve-se então o conteúdo das páginas individualmente.

No caso desta aplicação em estudo, foram desenvolvidas duas *Master Pages*, sendo que uma tinha por finalidade uma navegação fora do sistema de credenciais (navegação de visitante), e outra para o ambiente com as devidas credenciais.

Assim, e tendo por base a aplicação sobre *Master Pages*, as páginas de conteúdo foram desenvolvidas sobre o item *Web Form with Master Page*, associadas à respetiva *Master Page* como se pode verificar na Figura 42.

Figura 42 - Hierarquização da *Master Page* sobre a página de conteúdo

### ✓ Estrutura Organizacional da Aplicação Web

A aplicação web do modelo de gestão do património histórico a desenvolver, segue o modelo base desenvolvido na Figura 27. Uma das grandes vantagens da implementação dum modelo de gestão deste tipo numa aplicação Web, diz respeito à sua expansão. O modelo nesta fase inicial possui todas as componentes necessárias para atingir os objetivos propostos. No entanto, esta aplicação tem inúmeras capacidades de expansão para as mais variadas categorias de estudo na área do património histórico. Estando todas as fundações da aplicação desenvolvidas, a facilidade da implementação de qualquer outra aplicação integrada será um processo facilitado.

Assim, e tendo por base como já foi referido, o esquema da Figura 27, desenvolveu-se previamente um organograma da estrutura a desenvolver na aplicação web. É de notar que cada nível de altura do organograma corresponde a um nível de profundidade na aplicação (Figura 43).

Para melhor compreender a estrutura explicar-se-á o organograma por níveis de profundidade.

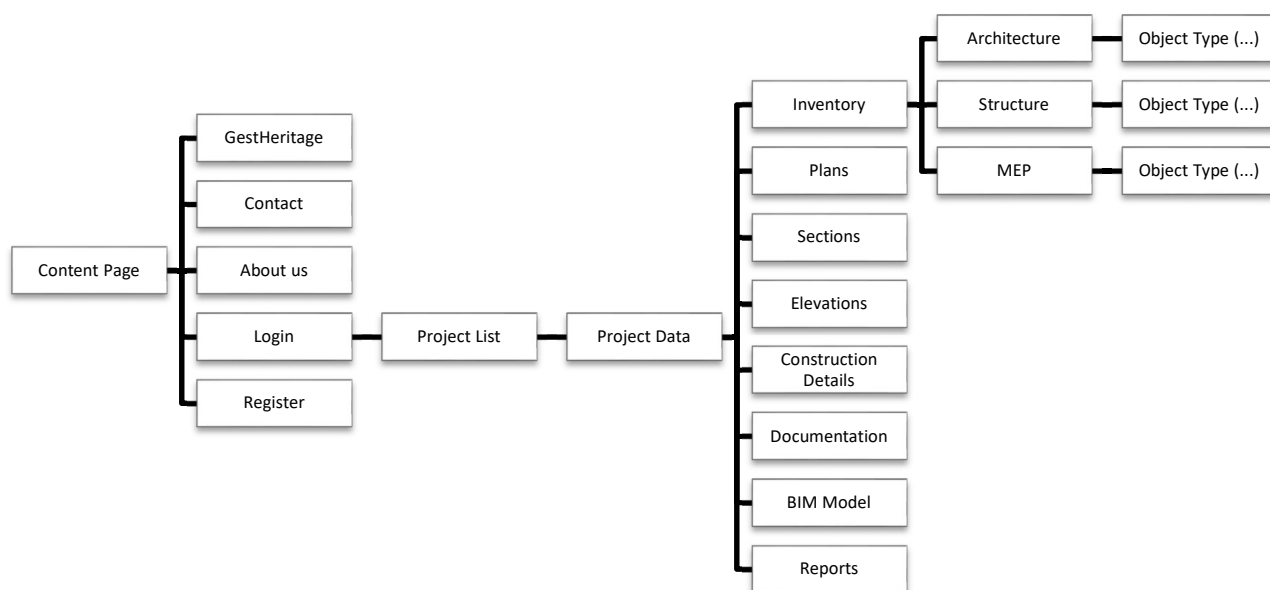


Figura 43 - Organograma da estrutura da aplicação web

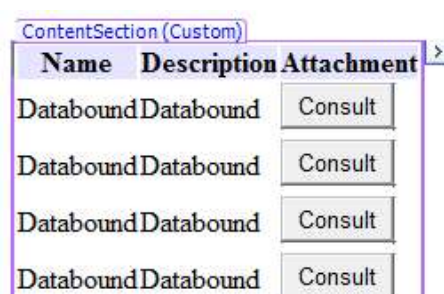
- i. **Nível 1** – O primeiro nível da estrutura é constituído simplesmente pela *Content Page*, ela representa a página de apresentação do modelo de gestão, é também a página resultante do *Logout* do utilizador.
- ii. **Nível 2** – O segundo nível da estrutura é composto pelas páginas, como se apresenta na Figura 43. Este nível é navegável essencialmente por utilizadores sem credenciais, no entanto, nesta fase inicial da aplicação, os utilizadores poderão requerer credenciais através da página *Register*, e, conseqüentemente, efetuar o *Login* para navegar para níveis mais interiores da aplicação.
- iii. **Nível 3** – Neste nível, a aplicação está desenvolvida para exibir ao utilizador os projetos a que têm acesso. Acesso este que é autorizado e restringido pelos administradores da aplicação, sendo que, no caso dum utilizador não possuir projetos associados, é notificado com a mensagem “*No projects affiliated*” (não possui projetos associados). No caso de possuir acesso a projetos, aparece a respetiva listagem de projetos a consultar.
- iv. **Nível 4** – Este nível, recolhe toda a informação do projeto associado, e exibe ao utilizador uma imagem do respetivo projeto. Além dessas informações, estes níveis dispõem ainda de uma série de dados e funcionalidades que poderão ser consultadas tais como as que se pode observar na Figura 43.

- v. **Nível 5** – Este nível permite obter informações sobre qualquer uma das categorias referidas na secção 4.1.2.2 (com a exceção da categoria Inventário), podendo ainda efetuar *download* do conteúdo sob as extensões referidas nesse mesmo capítulo. É de notar que a atualização destes dados é responsabilidade exclusiva dos administradores. O inventário difere das restantes categorias, pois permite a edição de informação e, como tal, tornou-se necessário aprofundar mais níveis de forma a compreender o tipo de informação que o utilizador entende visualizar e/ou editar.
- vi. **Nível 6** – Este nível permite ao utilizador especificar a especialidade da informação que procura (Arquitetura, Engenharia ou MEP).
- vii. **Nível 7** – Por fim, este nível, devolve ao utilizador todos os elementos (família de objetos) existentes dentro da especialidade e devolve toda a informação dos objetos para visualização ou edição, no caso das credenciais de acesso o permitirem.

#### ✓ **Ligação da aplicação web com os controladores**

O objetivo direto do desenvolvimento da *API* vai-se desenrolar nesta fase, na medida em que, com os controladores desenvolvidos para devolver ao utilizador a informação requerida, torna-se unicamente necessário o chamamento desses controladores para executar as funções exigidas pela aplicação web. Para melhor se compreender a ligação entre o controlador e a aplicação web utilizar-se-á, a título de exemplo, a categoria *Documentation* (Documentação):

- i. Previamente, teve de ser projetada a página de conteúdo da Documentação (*Documentations.aspx*), partindo do princípio que este conteúdo seria uma listagem de dados com interação, devido ao anexo ao qual a informação vinha associada. Tornou-se evidente a necessidade de criar um conteúdo de listagem com interação de um botão de *download* (“*Consult*”) (ver Figura 44 ).



Name	Description	Attachment
Databound	Databound	Consult
Databound	Databound	Consult
Databound	Databound	Consult
Databound	Databound	Consult

Figura 44 - Estrutura (*Documentation*) de disposição em listagem e com botão de interação

- ii. Este formulário, foi desenvolvido em *ASP.NET* e é completamente dinâmico, isto é, quando devidamente programado, ele devolve aos utilizadores a informação pretendida e, com base nesse conceito, tornou-se evidente a necessidade deste formulário preencher

valores como *Name*, *Description* e *Attachment* com os existentes na base de dados. No ficheiro *.aspx* da documentação, este formulário identifica cada um dos elementos com um *ID*, sendo que, na prática, a ligação entre o controlador e o formulário acontece pelo relacionamento desse *ID* e o dado do controlador que se quer ir buscar. Para que seja possível a listagem correta de informação o *ID* do *Name* e *Description* tem que corresponder ao *docName* e *DocDescription*, tal como se pode verificar no excerto de código apresentado na Figura 45. O *Attachment* é devolvido através do *DocName*.

```

87 // GET: api/Projects/5
88 [Route("GetProjectsDocumentation")]
89 [ResponseType(typeof(List<Documentations>))]
90 public IHttpActionResult GetProjectsDocumentation(long id)
91 {
92     Projects projectInfo = db.Projects.Find(id);
93
94     List<Documentations> documentation = new List<Documentations>();
95
96     foreach (var doc in projectInfo.Documentation)
97     {
98         documentation.Add(new Documentations
99         {
100             docId = doc.Id,
101             docName = doc.Name,
102             docDescription = doc.Description,
103             Attachment = doc.Attachment,
104             Extension = doc.Extension
105         });
106     }
107
108     if (documentation == null)
109     {
110         return NotFound();
111     }
112
113     return Ok(documentation);
114 }

```

Figura 45 - Excerto de código do GET Documentation no controlador Projects

Permite assim obter os dados requisitados pelo utilizador, tal como se pode verificar na Figura 46. Ele devolve toda a informação existente na base de dados relativamente ao projeto em questão pois, a cada projeto, está associado um ou mais documentos e, caso existissem mais documentos associados, ele exibiria a listagem completa e os respetivos anexos.

Name	Description	Attachment
Doc_001	Caracterizacao e monitorizacao para reabilitacao da sede da InovaDomus	<a href="#">Consult</a>

Figura 46 - Resultado da aplicação do controlador GET na pagina Documentation

Apesar da maioria do esquema funcional de grande parte das categorias referidas no capítulo 4.1.2.2 serem semelhantes, a categoria inventário é uma exceção. A particularidade dessa categoria inventário seria dar a hipótese ao utilizador de gerir a informação paramétrica dos elementos construtivos de um determinado projeto sem aceder diretamente ao modelo *BIM*. Isto

implicaria o desenvolvimento de uma plataforma com capacidade de registar informação (*PUT* segundo ações convencionais *CRUD* do *HTML*).

No entanto, a funcionalidade dos elementos construtivos, só é aplicável mediante os controladores desenvolvidos, isto é, para cada elemento construtivo deveria ser desenvolvido um controlador com as ações convencionais *CRUD*, isto porque, cada controlador permite estruturar e organizar unicamente o tipo de informação necessária para cada um dos elementos existentes no projeto, evitando assim a entrega de informação sem objetivo ao utilizador. Não obstante, nesta fase inicial do modelo, apenas foram desenvolvidos controladores tendo como base o caso de estudo a abordar no capítulo 5, tendo sido somente desenvolvidos os controladores dos elementos principais.

Assim, e tendo como base a estrutura desenvolvida para as outras categorias, foi desenvolvido um esquema no *.aspx* muito semelhante aos já desenvolvidos, com a particularidade de que a quantidade de campos existentes é muito mais abrangente, como se pode verificar na Figura 47.

ContentSection (Custom)					
ID	Element Name	Length	Thickness	Height	Structural Usage
Databound	Databound	Databound	Databound	Databound	Databound
Databound	Databound	Databound	Databound	Databound	Databound
Databound	Databound	Databound	Databound	Databound	Databound
Databound	Databound	Databound	Databound	Databound	Databound
Databound	Databound	Databound	Databound	Databound	Databound
Databound	Databound	Databound	Databound	Databound	Databound
Databound	Databound	Databound	Databound	Databound	Databound

Figura 47 - Formulário do elemento "Walls" do Inventário

O conceito é o mesmo das outras categorias, adicionar os campos pretendidos existentes no controlador previamente desenvolvido, e chamar as ações do controlador requeridas. Inicialmente o *GET* para ser possível a visualização de toda a informação necessária e, posteriormente, o *PUT* para a edição da informação. No entanto, nem toda a informação foi prevista ser alterada pelo *Revit*, como por exemplo os *type parameters* (e.g. informação que altere a geometria de um determinado elemento), tendo-se limitado a edição da informação aos *shared parameters*. Todos os outros campos foram bloqueados contra a escrita, pelo que o resultado final é, como se pode verificar na Figura 48, uma tabela dinâmica, com hipótese de edição de parâmetros com o botão dinâmico "Update".

D	Room Name	Level	Occupation	Area	Last Intervention Year	Notes	Pathologies	Maintenance cycle	Next intervention Year	
1264748	C_9_0	311		38.4372599385829						Update
1264751	C_8_0	311		13.3538						Update
1264754	Ambiente									Update
1264757	C_5_0	311		13.5776000000001						Update
1264760	C_4_0	311		29.7090942227559						Update
1264763	C_3_0	311		6.21450000000005						Update
1264766	C_2_0	311		5.80202721620307						Update
1264769	C_1_0	311		4.90280122653984						Update

Figura 48 - Tabela dinâmica "Rooms" do Inventário

As aplicações práticas dos controladores na aplicação web permitiu desenvolver e construir todo o modelo de gestão do património histórico previsto, com a particularidade de possuir ainda uma interface acessível aos utilizadores, permitindo então a requisição e/ou submissão de dados e informações com ligação indireta para a base de dados e, consequentemente, para o modelo *BIM*, garantindo acima de tudo o conceito de interoperabilidade.

## 4.2. Interface do utilizador

A interface do utilizador representa o meio com que o utilizador interage com a aplicação, representando assim uma componente essencial, mas não crítica do modelo de gestão desenvolvido. A prioridade do modelo era atingir o objetivo da funcionalidade e automatização de dados. No entanto, o modo como é estruturada a interface do utilizador não é menos importante. E por essa mesma razão, optou-se nesta fase inicial, pelo desenvolvimento de uma interface de complexidade básica, no entanto, concisa e funcional, fornecendo aos utilizadores todas as ferramentas e ações necessárias para executar o objetivo do modelo, isto é, para a gestão e manutenção do património histórico.

Nas figuras apresentadas de seguida, pode verificar-se alguns exemplos do resultado obtido do ponto de vista do utilizador (através de um *browser*).



Figura 49 - Pagina de apresentação da plataforma GestHeritage



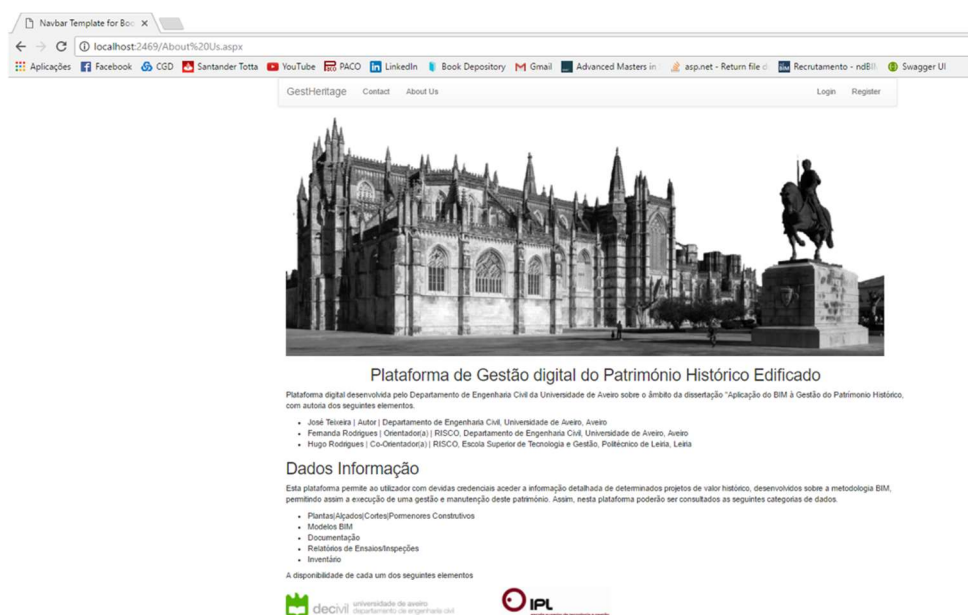


Figura 50 - Página "About us" da plataforma GestHeritage

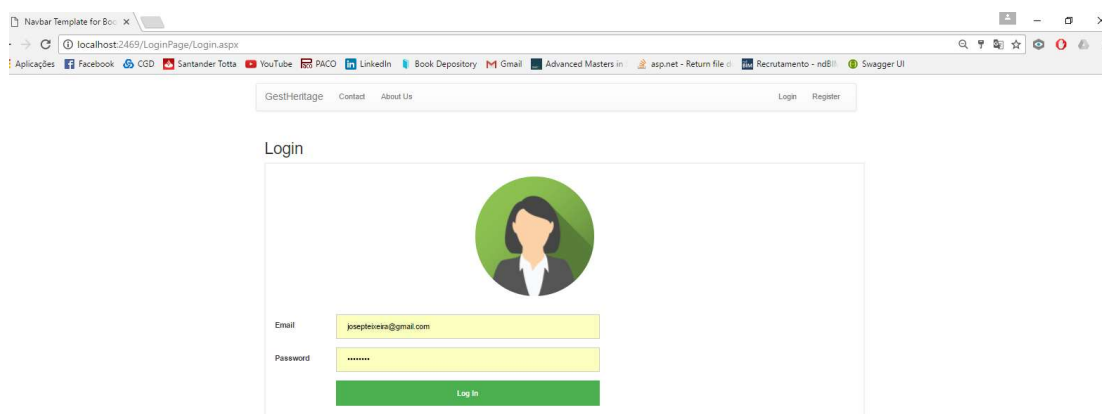


Figura 51 - Login Page da plataforma GestHeritage

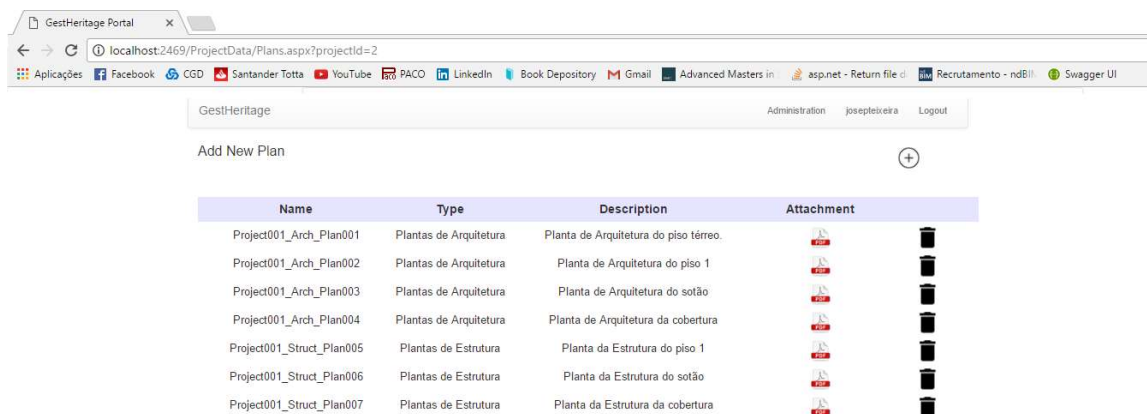


Figura 52 - Plans page da plataforma GestHeritage



ID	Element Name	Length	Thickness	Height	Structural Usage	Materials	Facade Element?	Facade	Level	Room	Span	Construction Year	Last Intervention
313658	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	17.875	0.52	6.63	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Oeste				1990	Test1
315901	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	2.32	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False						
316863	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 430mm	1.805	0.43	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False	Sul					
318105	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 240mm	1.25	0.24	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False	Sul					
318474	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 430mm	3.245	0.43	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False	Sul					
319135	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 290mm	2.425	0.29	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False	Este					
319357	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	5.91	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False					1935	
319941	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	14.495	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Este					
320214	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 450mm	4.287	0.45	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte					
321338	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	1.395	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte					
321349	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	1.23	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte					
321358	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	1.655	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte					
321380	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	1.433	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte					
322994	Parede Interior em Tijolo vazado rebocado 150mm	1.8	0.15	2.61	NonBearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False						
323306	Parede Interior em Tijolo vazado rebocado 310mm	2.45	0.31	2.61	NonBearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False						
323552	Parede Interior em Tijolo vazado rebocado 260mm	3.705	0.26	2.631	NonBearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False						
323758	Parede Interior em Tijolo vazado rebocado 260mm	4.25	0.26	2.585	NonBearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False						

Figura 53 - Inventário "Walls" da plataforma GestHeritage

De forma a demonstrar e comprovar a funcionalidade de todo este sistema, foi desenvolvido no decorrer desta dissertação um caso de estudo, casa de Santo António, que será incluído na aplicação do modelo de gestão, e que se apresenta no capítulo seguinte.



# *Capítulo 5*

---

*Caso de Estudo*



## 5. Caso de Estudo

Este capítulo surge da necessidade de testar e demonstrar a funcionalidade e aplicação de todo o modelo de gestão a um caso prático, para posterior aplicação a outros casos mais complexos.

### 5.1. Enquadramento

O caso de estudo diz respeito a uma moradia unifamiliar conhecida como a “Casa de Santo António” localizada no centro da cidade de Ílhavo, Aveiro. Esta moradia localizada na esquina da Rua de Santo António com a Avenida 25 de Abril é caracterizada como um dos principais edifícios de valor patrimonial e arquitetónico da região (Figura 54 e Figura 55).



Figura 54 - Estado atual do edifício: fachada principal



Figura 55- Estado atual do edifício: fachada lateral e principal

É uma construção datada da década de 30 do século XX, para ser a moradia de uma família. Atualmente, é a sede da associação *InovaDomus*. Esta associação é constituída pela Universidade de Aveiro e por dez empresas do sector da construção que, em julho de 2012, adquiriu a casa de Santo António para que fosse palco do projeto *ReabilitaDomus* (Gamelas 2013).

Classificada como um edifício de arquitetura de primor, a Casa de Santo António é composta por dois pisos e um sótão com uma área aproximada de 450 m<sup>2</sup>, na qual o piso térreo e o primeiro piso possuem a maior percentagem de área igualmente distribuída, apresentando o sótão a percentagem de área mais pequena.

Relativamente à composição dos materiais estruturais podemos destacar essencialmente a alvenaria de tijolo vazado, madeira, betão e aço.

O edifício é suportado essencialmente por paredes resistentes de alvenaria de tijolo vazado com espessura variável, assentes em fundações contínuas de betão pobre e adobe. O piso térreo é constituído por uma camada de betonilha de 2 cm. A estrutura do pavimento do primeiro piso

e sótão é suportado por um sistema de vigas de pavimento (barrotes) espaçadas de 0.6 m entre si, com um sistema de travamento da encurvadura, constituído por tarugos perpendiculares à direção das vigas de pavimento. A entrega das vigas é efetuada nas paredes resistentes. Todavia, como as paredes do primeiro piso não se sobrepõem às paredes interiores do piso térreo, verificou-se também a existência de reforços em betão (vigas e pilares) (Gamelas 2013; InovaDomus 2016).

A primeira fase do desenvolvimento deste caso de estudo, implicou a elaboração do modelo *BIM* deste edifício. E como tal, recorrendo ao *Revit* da *Autodesk*, efetuou-se a modelação das componentes arquitetónicas e estruturais.

## 5.2. Modelação

Para a modelação do edifício em *Revit*, foi exigido inicialmente um estudo sobre todos os elementos constituintes do edifício (materiais de construção, geometria, comportamento estrutural, etc.). A obtenção dessa informação implicava um *levantamento in situ*. Para se reduzir o tempo da respetiva recolha, optou-se por recolher toda a informação do edifício de estudos já efetuados pela *InovaDomus* e outros, em processos de intervenção e reabilitação do edifício. Assim, recorreu-se à documentação fornecida pela *InovaDomus* – Relatório de caracterização estrutural da sede da *Inovadomus* (InovaDomus 2016) para a caracterização do edifício e desenvolvimento do seu modelo *BIM*. Efetuaram-se ainda algumas visitas ao edifício para se esclarecerem algumas dúvidas.

O ideal teria sido efetuar o modelo *BIM*, com base na modelação a partir da nuvem de pontos. No entanto não foi possível, o que tornou toda a modelação um processo com um nível de detalhe mais reduzido. Porém, fez-se com as informações disponíveis, todos os possíveis para obter o maior rigor e qualidade possível na modelação do caso de estudo em *BIM*.

### 5.2.1. Arquitetura e Estrutura

Para efeito de desenvolvimento do modelo, optou-se pela aplicação das plantas *CAD* do edifício, fornecidas pela *InovaDomus*, que foram usadas como máscara do modelo, possibilitando assim a execução do modelo com maior precisão. Uma das particularidades de edifícios históricos ou com valor patrimonial, como já foi referido reside no respetivo pormenor arquitetónico. Como não foi possível modelar o edifício através da nuvem de pontos, os principais elementos arquitetónicos tiveram de ser trabalhados como novas famílias de objetos (ver secção 5.2.2), tendo-se reconstituído modelos aproximados da realidade.

Veja-se na Figura 56, a comparação entre o edifício atual, e o modelo *BIM* desenvolvido e os respetivos alçados gerados. Nas Figuras 57 e 58 apresentam-se outras perspetivas do modelo *BIM-3D* do edifício.



Figura 56 - Fotografia atual do edifício versus Modelo 3D - Alçados da Casa de Santo António no Revit da Autodesk

A nível estrutural, o modelo foi desenvolvido tendo por base as plantas estruturais fornecidas pela *Inovadomus*, sendo que só assim foi possível a execução desta componente em *BIM*, respeitando-se na íntegra as condições estruturais, no que se refere aos materiais, posição, dimensão, espaçamento e comportamento.

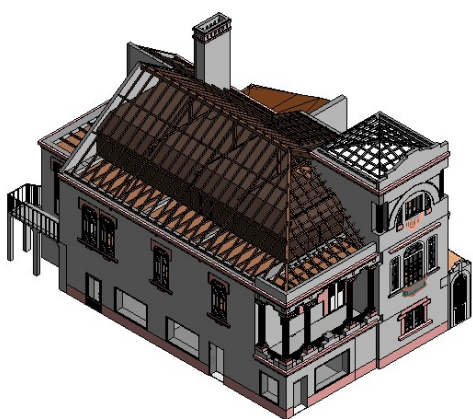


Figura 57 - Vista 3D do Modelo BIM (Alçado principal e lateral)

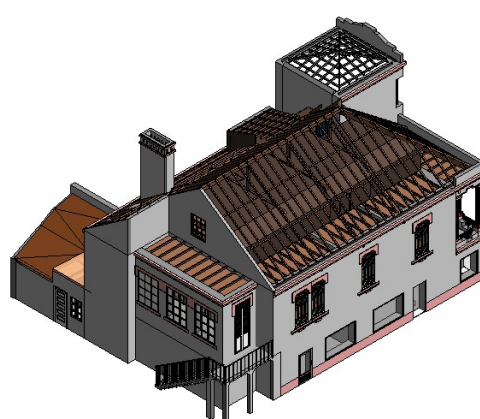


Figura 58 - Vista 3D do modelo BIM (Alçado posterior e lateral)

Uma das preocupações que se teve no desenvolvimento do modelo *BIM*, foi na implementação dum sistema de classificação tal como foi abordado na secção 2.6. Para isso, recorreu-se a um

*plug-in* da biblioteca de aplicativos da Autodesk, *Classification Manager*. Este *plug-in* permite associar ao modelo o sistema de classificação *Uniclass* aplicado a elementos construtivos, processos construtivos, compartimentos, etc. (ver Figura 59).

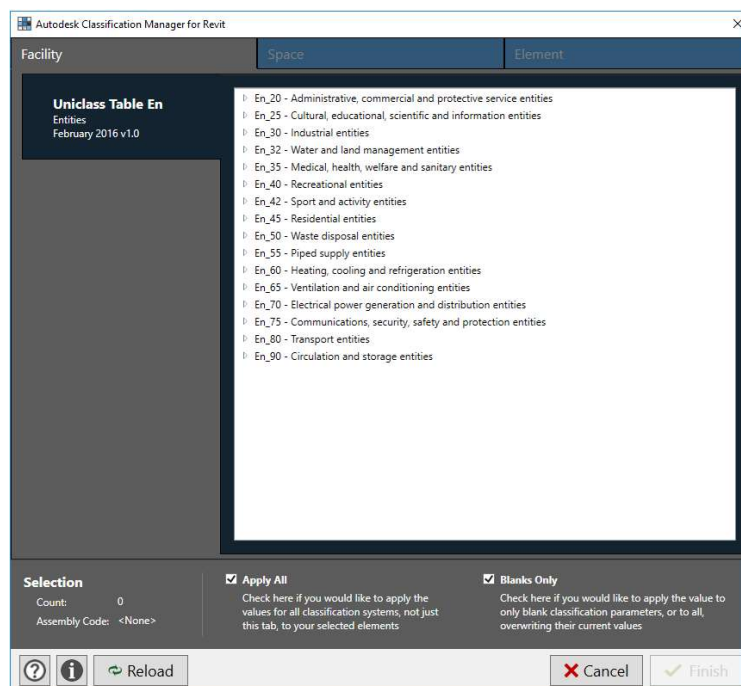


Figura 59 - *Classification Manager plug-in* no Revit

Esta aplicação permite não só obter um sistema de classificação aplicado a todo o projeto *BIM*, mas também atua como uma *shared parameter* possibilitando a sua exportação para um base de dados externa, facilitando assim a identificação de objetos, espaços e/ou processos. Contudo, a identificação dos elementos segundo os sistemas de classificação ainda representa um tema em fase preliminar para grande parte dos utilizadores, e assim sendo a sua aplicação enquanto identificador foi utilizada como um recurso alternativo.

### 5.2.2. Família de Objetos

No que diz respeito à criação de famílias de objetos, este edifício teve muitas particularidades, na medida em que uma grande parcela dos elementos que o constituem tiveram de ser modeladas como um novo objeto devido aos seus pormenores únicos e exclusivos. A modelação da família de objetos, é uma componente do *Revit* que permite a modelação de objetos próprios atribuindo *type parameter* à respetiva família (ver Figura 60).



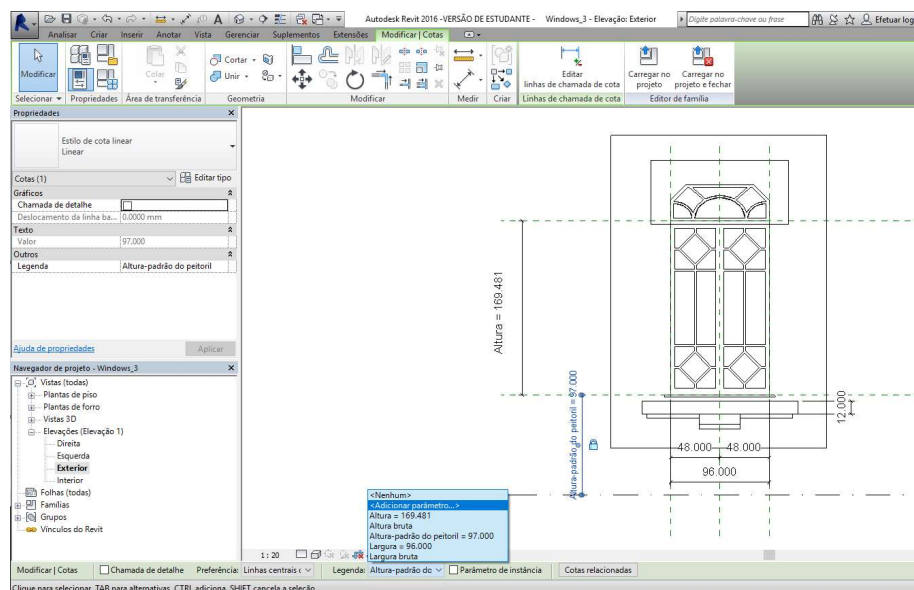


Figura 60 - Interface do Revit para a criação da família de objetos *Window*

Foi essencial não só garantir um nível de precisão muito semelhante à realidade, como também garantir a parametrização da respetiva família do objeto, atribuindo-lhe parâmetros tanto geométricos como paramétricos, abastecendo o modelo com a maior quantidade e qualidade de informação manuseável.

### 5.2.3. Aplicação dos Shared Parameters

Tal como referido na secção 3.4.2.2, os *shared parameters* vão desempenhar um papel essencial no modelo de gestão. Neste caso de estudo, os *shared parameters* foram criados para serem aplicados a operações de manutenção e conservação do património e, como tal, criaram-se dois grupos diferentes de parâmetros: os Dados Gerais e os de Manutenção/Inspeção, sendo que cada um é constituído com os seguintes parâmetros e respetivos tipos de dados:

#### I. Grupo – Dados Gerais

- i. Elemento na Fachada – Sim/Não (*Yes/No*);
- ii. Fachada – Texto (*Text*);
- iii. Piso - Texto (*Text*);
- iv. Compartimento - Texto (*Text*);
- v. Vão - Texto (*Text*).

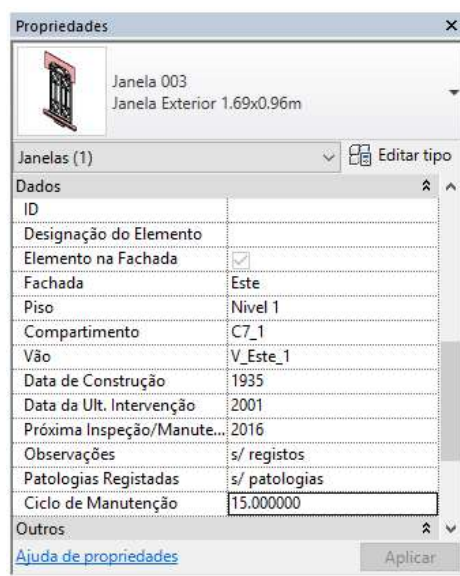
#### II. Grupo – Manutenção/Inspeção

- i. Data de Construção – Inteiro (*Integer*);
- ii. Data da Última Intervenção - Inteiro (*Integer*);

- iii. Observações – Texto (*Text*);
- iv. Patologias Registadas – Texto (*Text*);
- v. Ciclo de Manutenção – Numero (*Number*);
- vi. Próxima Inspeção/Manutenção – Inteiro (*Integer*).

O desenvolvimento destes parâmetros teve como objetivo o detalhe de toda a informação envolvida nos elementos constituintes do modelo *BIM*, permitindo assim visualizar informação total ou parcial de um determinado compartimento, piso ou até fachada. Como referido na secção 3.4.2.2, estes parâmetros são criados tendo por base as necessidades do utilizador. Neste caso de estudo, os parâmetros visaram a manutenção/inspeção, não limitando necessariamente a adição e/ou substituição de novos parâmetros com vista a objetivos diferentes.

Com os parâmetros desenvolvidos, foi importante associá-los às respetivas famílias de acordo com as necessidades dos utilizadores. Optou-se pela associação dos parâmetros a todas as especialidades (Arquitetura, Estrutura e MEP), de onde resultou a parametrização do objeto exemplo (Janela) que se apresenta na Figura 61.



Propriedades	
Janela 003 Janela Exterior 1.69x0.96m	
Janelas (1) [Editar tipo]	
Dados	
ID	
Designação do Elemento	
Elemento na Fachada	<input checked="" type="checkbox"/>
Fachada	Este
Piso	Nivel 1
Compartimento	C7_1
Vão	V_Este_1
Data de Construção	1935
Data da Ult. Intervenção	2001
Próxima Inspeção/Manute...	2016
Observações	s/ registos
Patologias Registadas	s/ patologias
Ciclo de Manutenção	15.000000
Outros	
<a href="#">Ajuda de propriedades</a> [Aplicar]	

Figura 61 - Associação dos *Shared Parameters*

Com os *shared parameters* associados aos elementos, o modelo *BIM* já se encontra em condições para exportar toda a informação proveniente do modelo para um base de dados externa, tal como evidenciado na secção 4.1.1.

Contudo, sendo as informações provenientes dos *shared parameters* importantes, no entanto não deverão ser a única fonte de informação, sendo os desenhos do respetivo modelo parte complementar do modelo de gestão.

#### 5.2.4. Criação dos desenhos associados ao modelo BIM

Quando do desenvolvimento de um modelo de gestão com recurso à aplicação do *BIM*, houve necessidade de se ter em consideração o aproveitamento ao máximo da metodologia. Como já foi referido, o modelo de gestão contempla a categoria de desenhos (plantas, cortes, alçados e pormenores construtivos). Esta categoria pode perfeitamente ser aproveitada pelo *BIM*, na medida em que este permite gerar todos os desenhos de forma automática, e com todo o rigor, podendo ainda conter comentários, tramas ou outras anotações, segundo o critério do projetista. Para este caso de estudo foram gerados os desenhos que se listam na Figura 62.

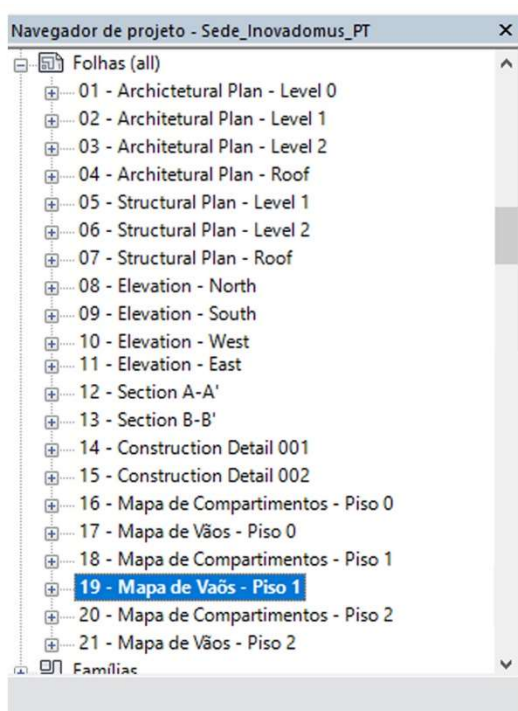


Figura 62 - Desenhos gerados pelo Autodesk Revit

As vantagens dos desenhos gerados pelo modelo *BIM*, traduzem-se diretamente na automatização, isto porque, quando o modelo é sujeito a qualquer alteração, todas as suas vistas são automaticamente alteradas, o que reduz significativamente qualquer incoerência no desenvolvimento de desenhos, mantendo-os sempre atualizados e disponíveis.

A criação destes desenhos vai desempenhar um papel importante no modelo de gestão em estudo, isto porque, quanto maior for a quantidade e qualidade dos desenhos gerados, menor será a necessidade de tempo de análise do projeto pelo utilizador.

### 5.3. Base de Dados

Com o modelo *BIM* completamente gerado, deu-se seguimento à exportação de toda a informação paramétrica para uma base de dados externa. Quando o modelo de gestão foi desenvolvido, foi projetado para que a base de dados de suporte (***GestHeritage***) suportasse todas as bases de dados exportadas pelos projetos *BIM*. Basicamente, a *GestHeritage* para cada projeto existente, terá associada a respetiva base de dados externa do projeto.

Com base nesse conceito, deu-se seguimento à exportação da base de dados para o sistema de gestão de base de dados Microsoft SQL Server com o nome “Project001\_CasadeSantoAntonio” (Ver Figura 63 e Figura 64).

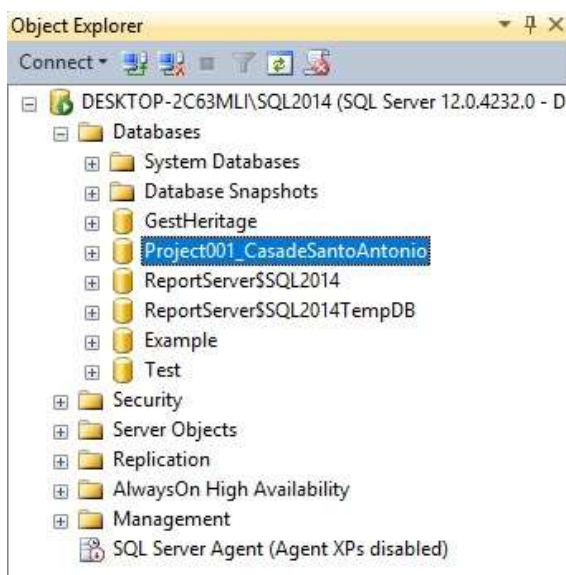


Figura 63 - Bases de dados do Microsoft SQL Server

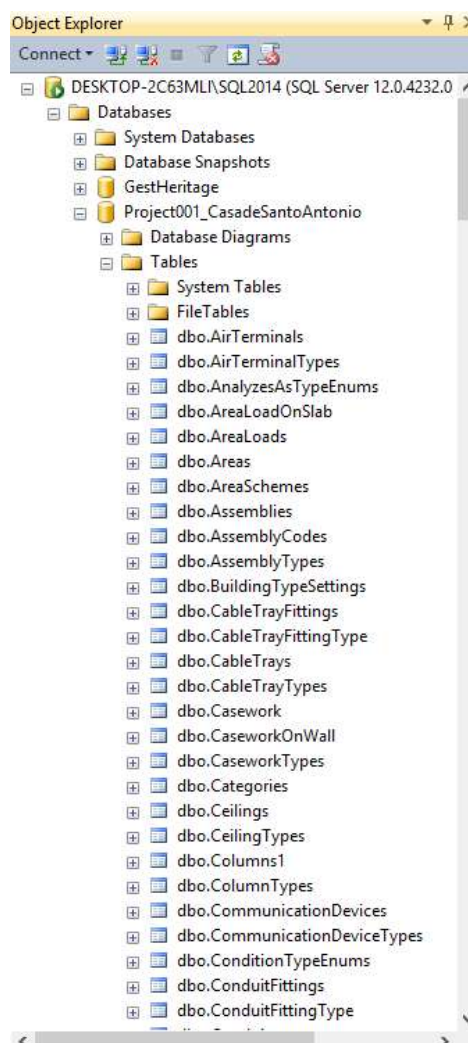


Figura 64 - Tabelas geradas pelo DBLink do caso de estudo

Como referido na secção 4.1.1, o *plug-in DBLink* extrai toda a informação paramétrica dos elementos construtivos do *Revit* independentemente de estes terem ou não utilização no projeto. Isso possibilita o desenvolvimento de um modelo de gestão abrangente a todos os elementos, no sentido em que, como o *plug-in* exporta a informação dos mesmos elementos do *Revit* independentemente do projeto, a estrutura da base de dados exportada e respetivas relações não modificam, apenas os seus registos (informação associada).

A grande particularidade do *plug-in* é que este exporta as tabelas devidamente relacionadas entre si, permitindo organizar toda a informação de forma interligada e estruturada, que de outra forma seria impossível relacionar. Este relacionamento permite obter diferentes peças de informação das várias tabelas exportadas, e agrupa-las de forma organizada e perceptível ao utilizador – *e.g.* obter as propriedades geométricas da tabela *Walls* e as propriedades físicas da tabela *Materials*.

Cada tabela exportada pelo *Revit* é composta por um determinado número de registos, correspondente ao número de elementos da respetiva tabela. Cada registo é identificado por um *ID* que é possível consultar individualmente no *Revit* (*Manage* → *Select by ID*), auxiliando o utilizador em caso de dúvida.

A exportação do modelo *BIM* para uma base de dados externa, é em si um aplicativo com grande potencialidade, no entanto, pouco pode ser aproveitado da base de dados neste estado bruto. Daí a implementação no modelo de gestão com o intuito de organizar e catalogar toda a informação da base de dados com vista a auxiliar o utilizador durante as operações de manutenção e conservação.

#### **5.4. Ligação à API**

Com o modelo de gestão desenvolvido, pôde-se dar início à associação de projetos ao modelo. Com o sistema de suporte desenvolvido, deu-se início à associação deste projeto à *API* desenvolvida. O procedimento para integrar a base de dados do projeto na *API* foi o mesmo que o adotado na secção 4.1.3.3 para a base de dados GestHeritage.

Apesar do objetivo do modelo de gestão ser a integração de todas os elementos de construção previstos pelo *Revit*, esta dissertação apenas estudou a viabilidade enquanto aplicação, sendo que não foram integrados todos os elementos, apenas uma série deles. Os elementos integrados foram os mais correntes do projeto (paredes, janelas, portas, vigas, pilares, tetos, etc.). No entanto, a integração destes elementos (ver Figura 65) não significa que não possam posteriormente vir a ser adicionados outros elementos, já que o modelo de gestão foi desenvolvido para abranger todos os elementos previstos pelo *Revit*.

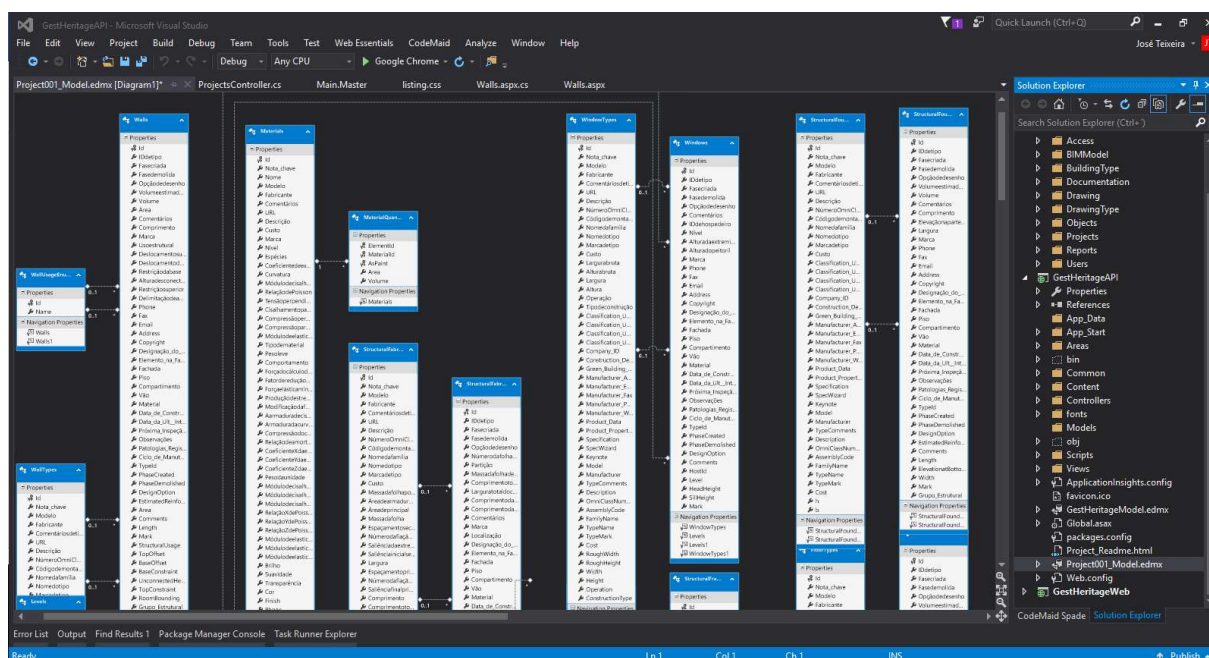


Figura 65- Integração da base de dados do projeto BIM na API

#### 5.4.1. Controladores dos elementos

Com a base de dados integrada na *API* efetuou-se o desenvolvimento dos controladores tal como foi efetuado para o GestHeritage. Cada elemento terá o seu próprio controlador, possibilitando assim especificar o tipo de informação que deve ser organizada na base de dados do projeto. Veja-se a título de exemplo o elemento “Paredes” e as respetivas informações que deverão ser apresentadas aos utilizadores no inventário. A grande particularidade do relacionamento entre tabelas da base de dados exportada, é que ela permite obter qualquer informação, esteja ela contida diretamente na tabela ou indiretamente através de outras tabelas. Veja-se ainda, como se organizou a estrutura de informação do grupo “*Walls*” com as respetivas derivações de informação a implementar no controlador do mesmo.

**(Nome pré-definido) → (tabela da base de dados) → (coluna da base de dados)**

- ✓ ID do elemento → `[dbo].[Walls]` → “ID”;
- ✓ Nome do elemento → `[dbo].[WallType]` → “Nome do Tipo”;
- ✓ Comprimento → `[dbo].[Walls]` → “Comprimento”;
- ✓ Espessura → `[dbo].[WallType]` → “Largura”;
- ✓ Altura → `[dbo].[Walls]` → “Altura desconnectada”;

- ✓ Material → *[dbo].[MaterialQuantities]* → “Material Id” → *[dbo].[Materials]* → “Nome”;
- ✓ Uso Estrutural → *[dbo].[WallUsageEnums]* → “Name”;
- ✓ Elemento na fachada → *[dbo].[Walls]* → “Elemento\_Na\_Fachada”;
- ✓ Fachada → *[dbo].[Walls]* → “Fachada”;
- ✓ Piso → *[dbo].[Walls]* → “Piso”;
- ✓ Compartmento → *[dbo].[Walls]* → “Compartmento”;
- ✓ Vão → *[dbo].[Walls]* → “Vão”;
- ✓ Data de construção → *[dbo].[Walls]* → “Data\_de\_Construção”;
- ✓ Data da última intervenção → *[dbo].[Walls]* → “Data\_de\_ult\_Intervenção”;
- ✓ Observações → *[dbo].[Walls]* → “Observações”;
- ✓ Patologias Registadas → *[dbo].[Walls]* → “Patologias\_Registadas”;
- ✓ Ciclo de Manutenção → *[dbo].[Walls]* → “Ciclo\_de\_Manutenção”;
- ✓ Próxima Inspeção/Manutenção → *[dbo].[Walls]* → “Próxima\_Inspeção\_Manutenção”.

Com base nestes parâmetros foi possível proceder ao desenvolvimento dos controladores. Contudo, é de realçar que estes parâmetros podem facilmente ser objeto de modificação, consoante as necessidades dos utilizadores. Da mesma maneira que foram assumidos parâmetros de *O&M*, poderão ser assumidos diferentes parâmetros, de modo a que estes estejam de acordo com as necessidades dos diferentes projetos.

Da mesma forma que o âmbito dos parâmetros se podem diferenciar de projeto para projeto, estes parâmetros também se diferenciam de elemento para elemento. O tipo de informação varia consoante o elemento em questão – *e.g.* a parede exige a informação de altura e comprimento, já uma laje exige apenas espessura e área. Assim, e com base no conceito referido, de forma a minimizar a quantidade de informação entregue ao utilizador e maximizar a qualidade da informação, foi desenvolvido para cada elemento um controlador com recolha de informações específicas, garantindo assim a entrega apenas da informação necessária, de modo a que o utilizador possa facilmente proceder à tomada de decisões.

Neste caso de estudo, como já foi referido, não foram desenvolvidos todos os elementos previstos pelo *Revit*, tendo sido desenvolvidos todos os controladores desses elementos, deu-se início à associação dos mesmos à aplicação web desenvolvida (secção 4.1.3.5).



### 5.4.2. Provenimento das bases de dados

Antes de proceder ao envolvimento do caso de estudo enquanto projeto da aplicação web, GestHeritage, houve a necessidade de alimentar a base de dados de suporte (GestHeritage) com toda a informação e dados adequados para a gestão. Esta informação consiste nos desenhos gerados pelo modelo *BIM* referidos na secção 5.2.4 e em toda a informação complementar às categorias do modelo de gestão (documentação, relatórios e modelos *BIM*).

É ainda importante realçar que não basta por si só o provimento das bases de dados com informação, mas também ter em consideração a ligação dos mesmos ao projeto, através das tabelas intermédias referidas na secção 4.1.2.3. Esta tabela vai permitir associar os desenhos, documentação, relatórios e os modelos *BIM*, ao projeto a que dizem respeito. Na Figura 66 apresenta-se uma exemplificação da associação dos desenhos ao projeto do caso de estudo.

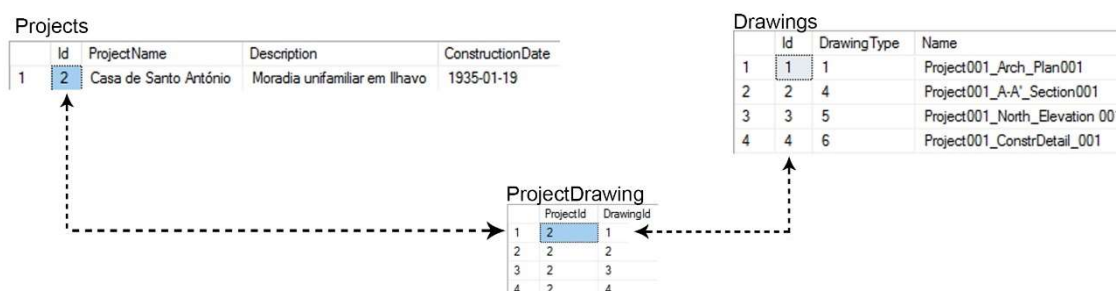


Figura 66 - Exemplificação da associação do projeto do caso de estudo aos respetivos desenhos

Com as bases de dados complementadas com toda a informação, pode-se dar início ao envolvimento do projeto na aplicação web desenvolvida.

## 5.5. Envolvimento na Aplicação web

O envolvimento da base de dados exportada pelo modelo *BIM* na aplicação web vai permitir ao utilizador visualizar e/ou editar informação proveniente do próprio modelo *BIM*, informação esta que tem necessidade de ser estruturada de forma organizada e concisa de forma a garantir a adequada acessibilidade perante o utilizador.

Com a associação da base de dados do projeto ao modelo de gestão desenvolvido, torna-se possível a implementação das tabelas dinâmicas desenvolvidas no ponto **Ligação da aplicação web com os controladores**, para todos os controladores envolvidos neste caso de estudo. Assim, é possível visualizar não só toda a informação envolvida na base de dados exportada pelo modelo *BIM*, mas também editar essa informação diretamente para a base de dados e,



consequentemente, para o modelo *BIM*. No entanto, essa edição de informação só é possível para utilizadores com as devidas credenciais (*Admin* ou *ReadWrite*).

O resultado final traduz-se numa tabela dinâmica com o sistema de requisição (*Get*) e transmissão (*Put*) dos dados à base de dados, contendo ainda a particularidade de somente entregar ao utilizador a informação essencial do elemento, tal como foi abordado na secção 5.4.1. (Figura 67).

ID	Element Name	Length	Thickness	Height	Structural Usage	Materials	Facade Element?	Facade	Level	Room	Span	Construction Year	Last Intervention	Notes
313658	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	17.875	0.52	6.63	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Oeste				1988		
315901	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	2.32	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False							
316863	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 430mm	1.885	0.43	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False	Sul						
318105	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 240mm	1.25	0.24	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False	Sul						
318474	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 430mm	3.245	0.43	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False	Sul						
319135	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 290mm	2.425	0.29	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False	Este						
319367	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	5.91	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False					1935		
319941	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	14.495	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Este						
320214	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 450mm	4.287	0.45	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte						
321338	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	1.395	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte						
321349	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	1.23	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte						
321358	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	1.655	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte						
321380	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	1.433	0.52	2.61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte						
322994	Parede Interior em Tijolo vazado rebocado 150mm	1.8	0.15	2.61	NonBearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False							
323306	Parede Interior em Tijolo vazado rebocado 310mm	2.45	0.31	2.61	NonBearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False							
323552	Parede Interior em Tijolo vazado rebocado 260mm	3.705	0.26	2.6305658 4644641	NonBearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False							
323758	Parede Interior em Tijolo vazado rebocado 260mm	4.25	0.26	2.585	NonBearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False							

Figura 67 - Tabela dinâmica do elemento *Walls* do caso de estudo na aplicação web

Com a aplicação do modelo de gestão a este caso de estudo, foi possível verificar a utilidade da plataforma no âmbito da gestão do património histórico, podendo-se verificar a facilidade de acesso do utilizador à informação do modelo *BIM* e também, a um sistema complementar de gestão de elementos de informação (desenhos, documentação e relatórios) em formato digital, garantindo assim uma biblioteca de informação fiável e de fácil acesso ao utilizador, reduzindo consideravelmente as perdas de informação e/ou desatualização da mesma.



# *Capítulo 6*

---

*Considerações Finais*



## 6. Considerações Finais

### 6.1. Conclusões

Esta dissertação veio demonstrar a necessidade da implementação e adaptação de uma estratégia de intervenção que contribua para a preservação e manutenção do património histórico, através da aplicação de um modelo de gestão capaz de dar resposta a essa necessidade de forma eficaz.

As aplicações práticas deste modelo de gestão, poderão revolucionar a forma como é vista a gestão e manutenção do património histórico, não só permitindo reorganizar e estruturar todo o património histórico português, como também o gerir, assegurando assim uma manutenção constante e atualizada evitando, consequentemente, a sua degradação.

O sucesso da implementação do caso de estudo à plataforma de gestão veio comprovar a capacidade do mesmo para adequar a gestão a qualquer edificado histórico e, ao mesmo tempo, garantir um sistema de informação cooperativo e interativo com todos os intervenientes. A capacidade prática deste sistema permite transferir toda a documentação impressa existente sobre um dado edifício histórico para formato digital, o que garante não só uma redução ou até mesmo erradicação da perda de informação, mas como também conceder acessibilidade dos utilizadores a essa informação.

A aplicação da metodologia *BIM* veio também a comprovar-se ser uma ferramenta capaz de ir ao encontro das necessidades dos utilizadores numa sociedade cada vez mais exigente. Onde o sucesso da sua aplicação veio abrir novas oportunidade de exploração da ferramenta no âmbito da manutenção, conservação e reabilitação, não só do património histórico, como foi abordado nesta dissertação, mas também em todo o tipo de edifícios existentes. A possibilidade de contar com um modelo tridimensional paramétrico detalhado possibilita qualquer tipo de análise sem que isso implique constantes inspeções a um dado edifício, proporcionando uma tomada de decisões rápida e eficaz.

A ligação do modelo *BIM* à base de dados conseguida através do *DBLink* do *Revit Autodesk* desempenhou um papel de destaque para o desenvolvimento do modelo de gestão. Contudo, a funcionalidade do *plug-in* exigia uma abordagem de desempenho mais abrangente, na medida em que esta deveria já prever a exportação não só de dados paramétricos, mas também dos desenhos associados ao projeto.

As aplicações práticas do modelo de gestão vão além das expectativas projetadas no início do desenvolvimento desta dissertação, já que com este modelo de gestão tornou-se possível

atualizar a forma como era efetuada a gestão do património histórico para um modelo de gestão que segue um conceito sob a forma das novas tecnologias de informação, garantindo sempre uma atualização constante e fidedigna de dados e informação ao alcance do utilizador.

Apesar de nesta dissertação o modelo de gestão ter sido exclusivamente desenvolvido tendo em vista a gestão do património histórico, as aplicações práticas do modelo poderão estender-se além do previsto inicialmente, isto é, o âmbito de aplicação deste modelo de gestão poderá ser também aplicado aos edifícios existentes, sem qualquer valor histórico, mas cujo valor de conservação e/ou reabilitação se justifique a médio/longo prazo.

Este modelo de gestão ao ser implementado possibilitará às entidades gestoras do património histórico, tais como a Direção-Geral do Património Histórico, ter um recurso para a manutenção e conservação do património, possibilitando a sua gestão e manutenção através duma plataforma digital.

A utilidade prática deste modelo de gestão vai potenciar a utilização de todos os recursos existentes do património histórico, armazenando-os em formato digital numa plataforma de gestão capaz de gerir toda a informação relativamente aos projetos, garantindo uma interoperabilidade entre o utilizador e o sistema. Estes modelos de gestão vêm também solucionar a problemática das lacunas e incoerências dos desenhos com o recurso à metodologia *BIM*, reduzindo significativamente a probabilidade de incoerência das peças desenhadas, permitindo possuir e gerir desenhos contextualizados e coerentes. O mesmo se refere quanto à documentação e relatórios, já que estas categorias do modelo de gestão permitirão informar o utilizador sobre as condições, detalhes documentais e enquadramento histórico do projeto auxiliando o utilizador a obter uma perceção da situação evolutiva e atual do projeto. Por fim, este modelo de gestão deu ênfase à gestão dos elementos do projeto potencializando uma gestão de manutenção detalhada e parametrizada do inventário do projeto, inventário este que é constituído por todos os elementos constituintes, possibilitando não só uma manutenção geral do projeto, mas também parcial dos elementos, compartimentos ou fachadas, contribuindo para uma gestão de manutenção mais eficaz e concentrada.

Pode-se assim concluir pelo sucesso da implementação do modelo de gestão aplicado ao património histórico no caso em estudo, com todos os objetivos estabelecidos. Contudo, o trabalho desenvolvido não se encontra finalizado, mas sim num constante desenvolvimento e atualização e, como tal, foi elaborada uma série de sugestões de trabalhos futuros a ter em consideração no contínuo desenvolvimento deste modelo de gestão.

## 6.2. Trabalho Futuro

Sendo esta dissertação o resultado dum tema de investigação, é evidente a necessidade de trabalhos futuros com o intuito de desenvolver vários pontos deste trabalho. Esses trabalhos futuros visam a otimização e correção de eventuais erros que possam surgir com a expansão do modelo.

- ✓ Numa primeira fase, e com toda a estrutura do modelo desenvolvida, torna-se necessário fazer a aproximação entre a metodologia *BIM* e o modelo de gestão, sendo necessário dar aos utilizadores a proximidade necessária para a adoção destas ferramentas e, como tal, seria proveitoso o desenvolvimento de um *plug-in* responsável pela ligação direta entre o software *BIM* e o modelo de gestão, onde este possibilitasse com as devidas credenciais do modelo de gestão o acesso direto aos modelos *BIM* e, consequentemente, a toda a meta-data envolvida. Isso possibilitaria uma maior interação do utilizador com o *BIM*, e também uma maior interoperabilidade entre os programas.
- ✓ Um outro trabalho futuro diz respeito ao *DBLink*, como já foi referido, já que este *plug-in* da *Autodesk Revit* possui capacidades muito limitadas no que diz respeito à exportação/importação de informação. De forma a otimizar ao máximo este *plug-in* seria fulcral o desenvolvimento de um aplicativo ou reaproveitamento do *plug-in* referido no ponto anterior, capaz não só de importar/exportar os parâmetros do projeto para uma base de dados, mas também todos os desenhos gerados pelo *Revit*. Isto permitiria automatizar significativamente o modelo de gestão com desenhos constantemente atualizados e coerentes.
- ✓ Por fim, torna-se vantajoso o estudo de novas aplicações, nomeadamente, em outros tipos de âmbitos que não da *O&M*, tais como a avaliação estrutural, energética, térmica, acústica, etc. Isto permitirá complementar o modelo de gestão com todo o tipo de parâmetros e sistemas de informação necessários para adequar às diferentes necessidades de intervenção, na área da conservação e reabilitação de um dado edifício histórico.

Os trabalhos futuros são importantes para o desenvolvimento e otimização do modelo de gestão do património histórico. E por ser ainda um modelo como já referido em fase inicial, vários são os estudos e desenvolvimentos a serem efetuados. Só assim será possível contribuir para o desenvolvimento constante dum modelo, que seja cada vez mais, capaz de dar resposta à necessidade de gestão e conservação do nosso património histórico e cultural.





## *Referências Bibliográficas*

---

- Antunes, B. & Costa, A.A., 2015. *Proposta de Plano de Execução BIM*,
- Arayici, Y., 2008. Towards building information modelling for existing structures. *Structural Survey*, 26(3), pp.210–222. Disponível em: [http://usir.salford.ac.uk/12473/1/Towards\\_Building\\_Information\\_Modelling\\_for\\_Existing\\_Structuresv3.doc](http://usir.salford.ac.uk/12473/1/Towards_Building_Information_Modelling_for_Existing_Structuresv3.doc).
- Arayici, Y., Hamilton, A., Gamito, P. & Albergaria, G., 2004. The scope in the Intelcities Project for the use of the 3D laser scanner. *Proceedings of ECT2004: The Fourth International Conference on Engineering Computational Technology*, pp.7–9.
- Autodesk, 2016. Revit DB Link. Disponível em: <https://apps.autodesk.com/RVT/pt/Detail/Index?id=5072854987084642377&appLang=en&os=Win64>.
- Baik, A. & Boehm, J., 2016. Building information modelling for historical building Historic Jeddah - Saudi Arabia. *2015 Digital Heritage International Congress, Digital Heritage 2015*, pp.125–128.
- Bazjanac, V., 2007. Impact of the U.S. National Building Information Model Standard (NBIMS) on Building Energy Performance Simulation. *Lawrence Berkeley National Laboratory Lawrence Berkeley National Laboratory*, (Bazjanac 2002), pp.1377–1382. Disponível em: <http://escholarship.org/uc/item/3v95d7xp.pdf%5Cnhttp://escholarship.org/uc/item/3v95d7xp>.
- Bernardes, J.P., Oliveira, L.F., Moreira, R. & Valente, T., 2014. Património Cultural Edificado : Reflexões em torno da gestão do Património Classificado. *Lusophone Journal of Cultural Studies*, 2, pp.34–52.
- BIMForum, 2016. Level of development specification.
- Caires, B. (BIMMS I.C., 2016. Data Management & Communication. *BIM is More, Chapter 05: Application, Subchapter 5.3: BIM Project Implementation Lessons Learned*, pp. 90-91.
- Cardoso, A., 2011. *Desenvolvimento de um programa de cálculo de sapatas de betão armado*. (Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro).
- Carvalho, C.B. & Santos, L., 2016. Laser Scanning. *BIM is More, Chapter 06: Digital Technologies*, pp.102–105.
- Clarke, G. & Crossley, P., 2000. Architecture and language : constructing identity in European architecture. *Cambridge University Press*, (Cambridge, UK; New York, NY), p.1000c.1650.

- Coelho, J., 2011. Curso Prático : Introdução à Base de Dados.
- Costa, A.A., 2014. O paradigma BIM e a normalização como fator de competitividade. *Instituto Português da Qualidade (IPQ)*. Disponível em: <http://www1.ipq.pt/PT/Site/Destaques/Historico/Paradigma-BIM-e-a-normalizacao-como-fator-de-competitividade.aspx>.
- Dann, N. & Cantell, T., 2007. Maintenance in conservation. In *Forsyth, M. (Ed.), Understanding Historic Building, Blackwell, Oxford*. pp. 185–98.
- Dezen-Kempton, E., 2014. Digital Dialogues : Integration of Documentary Data in Model based Information Systems for the conservation. In *Blucher Design Proceedings*. pp. 293–296.
- Dezen-Kempton, E., Soibelman, L., Chen, M., Victor, A. & Filho, M., 2015. Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, 10(2), pp.113–124. Disponível em: <http://dx.doi.org.br/10.11606/gtp.v10i2.102710%5Cnhttp://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102710>.
- Dore, C. & Murphy, M., 2012. Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites. *Proceedings of the 2012 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, VSMM 2012: Virtual Systems in the Information Society*, pp.369–376.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K., 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, Disponível em: <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=aCi7Ozwkoj0C&oi=fnd&pg=PT8&dq=bim+handbook&ots=Z9zcJSE-Cq&sig=iHb-ZLUewL0RaBZMxZfDBY6p6tA>.
- El-Hakim, S., Beraldin, J. & Gonzo, L., 2005. A Hierarchical 3D Reconstruction Approach for Documenting Complex Heritage Sites. *CIPA 2005 XX International Symposium*, (January 2005). Disponível em: <http://nparc.cisti-icist.nrc-cnrc.gc.ca/npsi/ctrl?action=rtdoc&an=5765060>.
- Fai, S., Graham, K., Duckworth, T., Wood, N. & Attar, R., 2011. *BUILDING INFORMATION MODELLING AND HERITAGE DOCUMENTATION Carleton Immersive Media Studio , Azrieli School of Architecture and Urbanism ,*

- Forster, A.M. & Kayan, B., 2009. Maintenance for historic buildings: a current perspective. *Structural Survey*, 27(3), pp.210–229.
- Gamelas, R., 2013. *Caracterização e monitorização para reabilitação da sede da InovaDomus*. (Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro). Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/12903>.
- Garcia, J., 2014. *Revit 2015 & Revit LT 2015 Curso Completo*, FCA - Editora de Informática, Lda.
- General Services Administration, 2009. GSA Building Information Modeling Guide Series: 03 – GSA BIM Guide for 3D Imaging. *Imaging*. Disponível em: [http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA\\_BIM\\_Guide\\_Series\\_03.pdf](http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA_BIM_Guide_Series_03.pdf).
- Groetelaars, N.J. & Amorim, A.L., 2012. Um panorama sobre o uso de nuvens de pontos para a criação de modelos BIM. *Seminário Nacional de Documentação do Património Arquitetónico com o Uso de Tecnologias Digitais*, vol 2.
- Hadjigeorgiou, C., 2013. RDBMS vs NoSQL : Performance and Scaling Comparison. , p.61.
- Hassel & Ollmann, M.B.M., 2013. BIM and LOD - Building Information Modelling and Level of Development. , (November). Disponível em: [https://bim.natspec.org/images/NATSPEC\\_Documents/NATSPEC\\_BIM\\_LOD\\_Paper\\_131115.pdf](https://bim.natspec.org/images/NATSPEC_Documents/NATSPEC_BIM_LOD_Paper_131115.pdf).
- INE, 2001. *Censos 2001 - Resultados Definitivos*,
- InovaDomus, 2016. *Relatório de Caracterização Estrutural da Sede da InovaDomus*,
- Jacoski, C.A., 2002. *A utilização de arquivos IFC para a integração de dados junto à Indústria da Construção*,
- Jiang, R., Jáuregui, D. V. & White, K.R., 2008. Close-range photogrammetry applications in bridge measurement: Literature review. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 41(8), pp.823–834.
- Kensek, K.M., 2016. BIM: “I” is for Interoperability. *BIM is More, Chapter 3: Data Exchange and Interoperability (pp. 83-89, 111 and 114-115), Technical Design Series: Building Information Modeling, Routledge 2014, ISBN 9780415717748*.
- Khodeir, L.M., Aly, D. & Tarek, S., 2016. Integrating HBIM (Heritage Building Information Modeling) Tools in the Application of Sustainable Retrofitting of Heritage Buildings in Egypt. *Procedia Environmental Sciences*, 34, pp.258–270.

- Kia, S., 2013. Review of BIM Software Packages Based on Assets Management. , (October), pp.4–5. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/253058808%0AReview>.
- Lashihar, S. Ben, 2011. *BIM Applications in Conceptual Design Phase: Exploring the Abilities and Limitations of Autodesk Revit Architecture through the Generative Geometric Design*. Presented to the Faculty of The Graduate College at the University of Nebraska In Partial Fulfillment of Requirements For the Degree of Master of Science. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/archthesis/105/>.
- Li, K., 2013. From BIM to HIM (Heritage Information Management). *Autodesk Hong Kong BIM Awards 2014*, pp.31–36.
- Lopes, N.L., 2016. BIM Methodology. *BIM is More, Chapter 1: BIM Methodology (pp.10-11)*.
- Maintain our Heritage, 2004. Putting It Off - How Lack of Maintenance Fails Our Heritage. *Heritage*. Disponível em: <http://www.maintainourheritage.co.uk/pdf/report.pdf>.
- McArthur, J.J., 2015. A Building Information Management (BIM) Framework and Supporting Case Study for Existing Building Operations, Maintenance and Sustainability. *Procedia Engineering*, 118, pp.1104–1111.
- McGraw-Hill Construction, 2014. *The Business Value of BIM for Construction in Major GLocal Markets: How contractors around the world are driving innovation with Building Information Modeling*. Disponível em: <http://static-dc.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/building-information-modeling/construction/business-value-of-bim-for-construction-in-global-markets.pdf>.
- McGraw Hill, 2012. *The Business Value of BIM in North America (Multi-year Trend Analysis and User Ratings 2007-2012)*,
- Mitina, T., 2016. *Development of engineering projects supported by BIM technology*. (Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto politécnico de Leiria).
- Murphy, M., McGovern, E. & Pavia, S., 2011. Historic building information modelling-adding intelligence to laser and image based surveys. *ISPRS-International Archives ...*, XXXVIII(March), pp.2–4. Disponível em: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2011ISPAr3816W...1M>.
- Murphy, M., McGovern, E. & Pavia, S., 2009. Historic building information modelling (HBIM). *Structural Survey*, 27(4), pp.311–327.
- OCCS Development Committee Secretariat, 2017. About OmniClass. Disponível em: <http://www.omniclass.org/about/>.

- Pinho, F., 2015. *Norma BIM Portuguesa*. (Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra).
- Russom, P., 2011. *Big data analytics*,
- Sareen, P. & Kumar, P., 2015. Nosql Database and Its Comparison With Sql Database. *International Journal of Computer Science & Communication Networks*, 5(5), pp.293–298.
- Silva, A.F.Q. da, 2015. *Classificação e Organização de Objetos BIM e sua Aplicação em Modelos 4D&5D*. (Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Minho). Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/40636>.
- Silva, J. & Amorim, S., 2011. A Contribuição dos Sistemas de Classificação Para a Tecnologia BIM: uma abordagem teórica. *TIC 2011 - V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção*, (1). Disponível em: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:A+CONTRIBUIÇÃO+DOS+SISTEMAS+DE+CLASSIFICAÇÃO+PARA+A+TECNOLOGIA+BIM+-+UMA+ABORDAGEM+TEÓRICA#0>.
- Silva, M.J.F., Salvado, F., Couto, P. & Vale Azevedo, Á., 2016. Roadmap Proposal for Implementing Building Information Modelling (BIM) in Portugal. *Open Journal of Civil Engineering*, 6(6), pp.475–481. Disponível em: <http://www.scirp.org/journal/ojce>.
- Soares, J.D.R.T., 2013. *A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático*.
- Society for the Protection of Ancient Buildings, 2008. What is SPAB. Disponível em: <http://www.spab.org.uk/what-is-spab-/the-manifesto/> [Accessed April 26, 2017].
- Taborda, P. & Cachadinha, N., 2012. BIM nas obras públicas em Portugal: Condicionantes para uma implementação com sucesso. *Congresso Construção 2012*, pp.1–14. Disponível em: <http://run.unl.pt/handle/10362/10012>.
- Tolentino, M. & Feitosa, B., 2014. *A Utilização De Tecnologias Digitais Na Documentação Do Patrimônio Arquitetônico*,
- Volk, R., Stengel, J. & Schultmann, F., 2013. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, pp.109–127. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>.
- Watson, K., Nagel, C., Pedersen, J.H., Reid, J.D. & Skinner, M., 2010. *Beginning Visual C# 2010* W. P. to Programmer, ed., Wiley Publishing, Inc.

- Xiao, Y., Zhan, Q. & Pang, Q., 2007. *3D Data Acquisition by Terrestrial Laser Scanning for Protection of Historical Buildings*, Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4341239>.
- Yilmaz, H.M., Yakar, M., Gulec, S.A. & Dulgerler, O.N., 2007. Importance of digital close-range photogrammetry in documentation of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 8(4), pp.428–433.

